

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

წიგნი № IHM-11-03-GTU-2420

გამტკიცებ“

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის
დირექტორი თ. ცინცაძე
25 დეკემბერი 2011

პროექტის დასკვნითი ანგარიში

გლობალური დატვირთვით გამოწვეული ატმოსფეროს
ციკლონური პროცესების ცვლილებაზე საქართველოში
კლიმატის რეაბილიტაციის შეფასება ქვეყნის ეკონომიკის ცალკეულ
დარბეზში საადრევედ დაგეგმვათა შესაძლებლობად

(დასკვნითი ანგარიში)

2007-2011

სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარე

ნ. ბეგალიშვილი

თემის ხელმძღვანელი

ბ. ბერიტაშვილი

პასუხისმგებელი შემსრულებელი

ნ. კაპანაძე

თბილისი
2011

რეზიუმე

ანგარიში შეიცავს: 177 გვერდს, 52 ცხრილს, 57 ნახაზს, ლიტერატურულ წყაროს

საკვანძო სიტყვები: გლობალური დათბობა, რეგიონული კლიმატის ცვლილება, მყინვარები, მოწყვლადობა, ადატაცია, კლიმატური რისკები, კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა.

შემოთავაზებულია ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების დინამიკის ამსახველი ინდექსები, რომლებიც საშუალებას იძლევა დაფიქსირდეს ყველა ცირკულაციური წარმონაქმნი და დახასიათდეს მათი ინტენსივობა, აგრეთვე განისაზღვროს ჰაერის მასების გადაადგილების მიმართულება და სიჩქარე.

საქართველოს სამ კლიმატურ ოლქში შერჩეულია საუკუნოვანი დაკვირვების მქონე 3 საკვანძო მეტეოროლოგიური სადგური (თბილისი, ქუთაისი და ახალქალაქი), რომლებისთვისაც დეტალურად გაანალიზდა გავლილი 100 წლის მანძილზე ჰაერის ტემპერატურისა და ნალექთა ცვალებადობის თავისებურებანი.

გაანალიზებულია კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი მგრძობიარე ინდიკატორის - მყინვარების ცენტრალური კავკასიონის ფარგლებში 1964-1990 წწ. პერიოდის დინამიკა.

ზოგადი სახით განხილულია კავშირი სისტემის მოწყვლადობასა და ადაპტაციის უნარს შორის.

მოყვანილია 2010 წლამდე დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში ტემპერატურისა და ნალექთა ცვლილების საპროგნოზო მონაცემები, რომლებიც მიღებულია ბოლოდროინდელი კლიმატური მოდელების გამოყენებით. კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებების გათვალისწინებით შეფასებულია შერჩეული 3 რეგიონის მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილების მიმართ.

მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ჩატარებულია საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის მიხედვით.

ზოგადი სახით განხილულია კლიმატური რისკების კავშირი მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან. ჩატარებული შეფასების თანახმად, საქართველოში კლიმატური რისკების წარმოქმნაში ყველაზე დიდი წვლილი შეაქვს ნალექთა რაოდენობას, თოვლის საფარს და ჰაერის საშუალო ტემპერატურას. რისკების შექმნაში მინიმალური წვლილი შეაქვს ელჭექს, ქარსა და ღრუბლიანობას.

დეტალურადაა განხილული საქართველოს ეკონომიკის ძირითადი დარგების სავარაუდო მგრძობიარობა კლიმატური ელემენტებისა და მათთან დაკავშირებული კლიმატური რისკების მიმართ. დაწვრილებითი ხარისხობრივი შეფასებების საფუძველზე მიღებულია, რომ ეკონომიკის დარგებიდან უდიდესი მოწყვლადობით ხასიათდება ტურიზმი, სოფლის მეურნეობა, კომუნალური მეურნეობა და ჯანდაცვა, ხოლო მინიმალური მოწყვლადობით – მშენებლობა, მეტყევეობა და ნარჩენების მართვა.

მიმოხილულია საქართველოში ბოლო 12 წლის მანძილზე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის დარგში მიღწეული ძირითადი შედეგები.

განხილულია კლიმატის ცვლილების პოლიტიკაში ჯერ კიდევ არსებული ხარვეზები და კლიმატის ცვლილების კონვენციის მექანიზმების სრულფასოვანი დანერგვისა და ეფექტური გამოყენების წინაშე მდგარი ბარიერები.

შემსრულებლები

მთავარი მეცნ. თანამშრ.
გეოგრაფიის დოქტორი

ბ. ბერიტაშვილი
(შესავალი, თავები 2, 3, 4, 5)

უფროსი მეცნ. თანამშრ.
გეოგრაფიის აკად. დოქტორი

ი. ჩოგოვაძე
(თავები 1, 2)

უფროსი მეცნ. თანამშრ.
გეოგრაფიის აკად. დოქტორი

ნ. კაპანაძე
(თავები 2, 3, 4)

უფროსი მეცნ. თანამშრ.
ფიზიკა-მათემატიკის აკად. დოქტორი

ლ. შენგელია
(თავი 1)

შინაარსი

რეზიუმე

შესავალი

თავი 1. გლობალური დატბობის ფონზე კავკასიის რეგიონში ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების დინამიკის გამოკვლევა

- 1.1. გლობალური დატბობის გავლენა ატმოსფეროს ფართომასშტაბური ცირკულაციის პროცესებზე
- 1.2. ცირკულაციური პროცესების დინამიკის ამსახველი ინდექსების გამოთვლა
- 1.3. ცირკულაციური პროცესების დინამიკის თავისებურებები საქართველოში ამინდის ექსტრემალური პირობების განვითარების დროს (2008-2010)
- 1.4. აციური პროცესების რეაგირება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე წარსულში განვითარებულ ამინდის ექსტრემალურ პირობებზე
- 1.5. ძირითადი შედეგები

ლიტერატურა

თავი 2. გლობალურ დატბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაბირების შეფასება

- 2.1. მახასიათებელი მეტეოროლოგიური სადგურების შერჩევა
- 2.2. ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობა მახასიათებელ მეტეოსადგურებზე
 - 2.2.1. თბილისი
 - 2.2.2. ქუთაისი
 - 2.2.3. ახალქალაქი
- 2.3. ნალექთა წლიური და სეზონურია ჯამების ცვალებადობა მახასიათებელ მეტეოსადგურებზე
 - 2.3.1. თბილისი
 - 2.3.2. ქუთაისი
 - 2.3.3. ახალქალაქი
- 2.4. ძლიერი ქარების რეჟიმის ცვალებადობა თბილისსა და ქუთაისში
 - 2.4.1. თბილისი
 - 2.4.2. ქუთაისი
- 2.5. ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა დეგრადაცია გლობალური დატბობის შედეგად
 - 2.5.1. გლობალური დატბობის გავლენა დედამიწის კრიოსფეროზე
 - 2.5.2. საქართველოს ფარგლებში მყინვართა დეგრადაცია გასულ საუკუნეში
 - 2.5.3. ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა ევოლუცია 1985-2000 წწ. პერიოდში
 - 2.5.4. კავშირი ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა მასის ბალანსსა და ატმოსფეროს ფართომასშტაბური ცირკულაციის ანომალიებს შორის
- 2.6. ძირითადი შედეგები

ლიტერატურა

თავი 3. კლიმატის ცვლილების მიმართ საქართველოს ცალკეული რეგიონების მოწყვლადობისა და ადაპტაციის შესაძლებლობის შეფასება

- 3.1. სისტემის მოწყვლადობა და ადაპტაციის უნარი
- 3.2. საქართველოში კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყვლადი საცდელი რეგიონების შერჩევა
- 3.3. კლიმატური ელემენტების ცვლილება საცდელ რეგიონებში
- 3.4. საცდელი რეგიონების მოწყვლადობის შეფასება და საადაპტაციო ღონისძიებები
 - 3.4.1. შავი ზღვის სანაპირო ზონა
 - 3.4.2. ქვემო სვანეთი
 - 3.4.3. დედოფლისწყაროს რაიონი
- 3.5. საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის მიხედვით
- 3.6. ძირითადი შედეგები

ლიტერატურა

თავი 4. საქართველოს ეკონომიკისა ცალკეული დარგების მოწყვლადობა კლიმატური პარამეტრების მიმართ

- 4.1. კლიმატური რისკების კავშირი მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან
- 4.2. კლიმატური ელემენტების ცვლილების მიმართ საქართველოს ეკონომიკის ძირითადი დარგების მოწყვლადობის შეფასების საფუძვლები
 - 4.2.1. სოფლის მეურნეობა
 - 4.2.2. მეტყევეობა
 - 4.2.3. წყლის რესურსების მართვა
 - 4.2.4. ჰიდროენერგეტიკა
 - 4.2.5. თბური ენერგეტიკა და მრეწველობა
 - 4.2.6. ტრანსპორტი
 - 4.2.7. კომუნალური მეურნეობა
 - 4.2.8. ტურიზმი
 - 4.2.9. მშენებლობა
 - 4.2.10. სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა
 - 4.2.11. მეთევზეობა
 - 4.2.12. ჯანდაცვა
 - 4.2.13. ნარჩენების მართვა
- 4.3. საქართველოს ეკონომიკის ცალკეული დარგების მოწყვლადობა კლიმატური პარამეტრების მიმართ
- 4.4. ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობა კლიმატური რისკების მიმართ
- 4.5. ძირითადი შედეგები

ლიტერატურა

თავი 5. საქართველოში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის საკითხები

- 5.1. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა საქართველოში
- 5.2. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტურობის შეფასებები
- 5.3. ძირითადი პრინციპები საქართველოში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის გასატარებლად
- 5.4. საქართველოში საადაპტაციო პროექტების განხორციელების შესაძლებლობათა შეფასება
- 5.5. ძირითადი შედეგები

ლიტერატურა

დანართები

- I. საკვანძო და მახასიათებელ სადგურებს შორის საშუალო წლიური ტემპერატურის (1951-1965) სხვაობათა ნიშნადობის ღონის შეფასება

- II. საკვანძო სადგურებზე კლიმატურ პერიოდებს შორის ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური და წლიური მნიშვნელობების ცვლილების ნიშნადობის დონეები P_____
- III. ზოგადი ინდიკატორები კლიმატის ცვლილების მიმართ ანთროპოგენური და ბუნებრივი სისტემების მოწყვლადობის შესაფასებლად_____
- IV. ინდიკატორების/ელემენტების საორიენტაციო ჩამონათვალი ეკონომიკის ცალკეულ დარგებში მოწყვლადობის შესაფასებლად_____
- V. კლიმატური რისკების მიმართ მოწყვლადობის შესაფასებელი ინდიკატორების/ელემენტების ჩამონათვალი_____
- VI. კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული რისკების მენეჯმენტი მდ. რიონის დელტაში_____
- VII. ნაპირდაცვითი ღონისძიებები ბათუმი-ადლიას სანაპირო ზონაში
- VIII. თხილის ნარგავების გაშენება ლენტეხის რაიონში_____
- IX. ქარსაფარი ზოლების რეაბილიტაცია დედოფლისწყაროს რაიონში
- X. ზილიჩა-1 სატუმბი სადგურის რეაბილიტაცია_____
- XI. 900 ჰა ტარიბანას საგარეულების მორწყვა თვითღინებით_____
- XII. დედოფლისწყაროს რაიონის აგროსამრეწველო კომპლექსის რეაბილიტაცია მზის მძლავრი ელექტროსადგურების ბაზაზე საირიგაციო სისტემის აღდგენით_____

რეზიუმე

1. მიმოხილულია გლობალური დათბობის შედეგად 1970-იანი წლებიდან ატმოსფეროს ფართომასშტაბური პროცესებში მომხდარი გარკვეული ცვლილებანი და მათ მიერ დედამიწის სხვადასხვა რეგიონებში კლიმატის განმაპირობებელი მნიშვნელოვანი მოვლენების (ელ-ნინოს თბილი ეპიზოდები, ძლიერი ქარიშხლები, გვალვები) განმეორადობის შეცვლა.

შემოთავაზებულია ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების დინამიკის ამსახველი ინდექსები, რომლებიც საშუალებას იძლევა დაფიქსირდეს ყველა ცირკულაციური წარმონაქმნი და დახასიათდეს მათი ინტენსივობა, აგრეთვე განისაზღვროს ჰაერის მასების გადაადგილების მიმართულება და სიჩქარე. 2008 და 2010 წლების ანომალური პროცესების მაგალითებზე დადგენილია ამ ინდექსების პრაქტიკაში გამოყენების პერსპექტიულობა. შემოთავაზებული მეთოდი საშუალებას იძლევა ამინდის რუკების მიხედვით რაოდენობრივად შეფასდეს ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატის ცვლილების ზეგავლენით ამ პირობების შეცვლის ტენდენციები.

2. საქართველოს სამ კლიმატურ ოლქში შერჩეულია საუკუნოვანი დაკვირვების მქონე 3 საკვანძო მეტეოროლოგიური სადგური (თბილისი, ქუთაისი და ახალქალაქი), რომლებისთვისაც დეტალურად გაანალიზდა გავლილი 100 წლის მანძილზე ჰაერის ტემპერატურისა და ნალექთა ცვალებადობის თავისებურებანი. თბილისში ამ პერიოდში საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ მოიმატა 1.0°C -ით, ქუთაისში-მხოლოდ 0.3 -ით, ხოლო ახალქალაქში იგი პრაქტიკულად არ შეცვლილა. გასული 70 წლის განმავლობაში სამივე მეტეოსადგურზე აღინიშნა ნალექთა წლიური ჯამების შემცირება სხვადასხვა სიჩქარით, რომელიც იცვლებოდა თბილისში 2 მმ/10წ-დან ქუთაისში 113 მმ/10წ-მდე.

ბოლო 50 წლისთვის საქართველოს ყველაზე მჭიდროდ დასახლებულ ტერიტორიაზე მდებარე 8 მეტეოროლოგიური სადგურისთვის (ფოთი, ქუთაისი, ლენტეხი, გორი, თბილისი, თელავი, დედოფლისწყარო, ახალქალაქი) ჩატარებულმა ანალოგიურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს კლიმატურ ოლქებში ჰაერის წლიური ტემპერატურის საშუალო ნაზრდმა შეადგინა 0.3°C , ხოლო სამხრეთ საქართველოს კლიმატურ ქვეოლქში 0.2°C . ამავე პერიოდში ნალექთა წლიური ჯამები დასავლეთ საქართველოში გაიზარდა საშუალოდ 9% -ით, აღმოსავლეთ საქართველოში საშუალოდ არ შეცვლილა, ხოლო სამხრეთ საქართველოში აღინიშნა მათი უმნიშვნელო დაკლება 3% -ით.

წლის ცივ მონაკვეთში (დეკემბერი-მარტი) თბილისსა და ქუთაისში ძლიერი ქარების ცვალებადობის ანალიზმა აჩვენა, რომ განხილული 60 წლის მანძილზე (1946-2005), 1990-იანი წლების გამოკლებით, თბილისსა და ქუთაისში ადგილი ჰქონდა ძლიერი ქარების საშუალო მაქსიმუმიდან გადახრის მოპირისპირე ფაზებში ცვალებადობას.

კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი მგრძობიარე ინდიკატორის-მყინვარების ცენტრალური კავკასიონის ფარგლებში 1964-1990 წლებში დინამიკის ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე შერჩეულ 9 მყინვარზე 1980-იან წლებამდე დაიკვირვებოდა როგორც უკან დახევის, ისე წინსვლის ეპიზოდები. მომდევნო წლებში მყინვარების აბსოლუტურ უმრავლესობაზე დაიკვირვებოდა მხოლოდ უკან დახევა საშუალო სიჩქარით 11 მ/წელი. 1985-2000 წწ. პერიოდში ჩატარებული თანამგზავრული დაკვირვებების მონაცემთა თანახმად, ცენტრალური კავკასიონის 113 მყინვარიდან 106 მყინვარისთვის

აღინიშნა უკან დახევა საშუალო სიჩქარით 8 მ/წელი. ამავე პერიოდში რეგიონის მაღალმთიან ზონაში (ტერსკოლი) ჩატარებულმა მეტეოროლოგიურმა დაკვირვებებმა დააფიქსირა საშუალო წლიური ტემპერატურის მატება სიჩქარით 1 °C/10 წ, რაც ახლოსაა ქუთაისში 1990-2000 წლებს შორის შეფასებულ წლიური ტემპერატურის ნამატთან (0.9°C/10 წ).

3. ზოგადი სახით განხილულია კავშირი სისტემის მოწყვლადობასა და ადაპტაციის უნარს შორის. გაეროს კლიმატის ხარჩო კონვენციისთვის ჩვენი თანაავტორობით მომზადებული საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინების მიხედვით გაანალიზებულია გასული ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატური ელემენტების ცვლილება შერჩეულ 3 საცდელ რეგიონში (შავი ზღვის სანაპირო ზონა, ქვემო სვანეთი და დედოფლისწყაროს რაიონი). მოყვანილია 2010 წლამდე დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში ტემპერატურისა და ნალექთა ცვლილების საპროგნოზო მონაცემები, რომლებიც მიღებულია ბოლოდროინდელი კლიმატური მოდელების გამოყენებით. კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებების გათვალისწინებით შეფასებულია შერჩეული 3 რეგიონის მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილების მიმართ.

მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ჩატარებულია საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის მიხედვით. ყველაზე მოწყვლად რეგიონებად მიჩნეულია შავი ზღვის სანაპირო ზონა, აჭარა, სვანეთი, ქვემო ქართლი და გარე კახეთი. საშუალო მოწყვლადობის რეგიონებში გაერთიანდა სამეგრელო, იმერეთი, გურია, რაჭა-ლეჩხუმი, შიდა ქართლი და შიდა კახეთი, ხოლო სუსტი მოწყვლადობის ზონაში შევიდა აფხაზეთის, სამხრეთ საქართველოსა და აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანეთი. სამივე კატეგორიის რეგიონისათვის გამოყოფილია მოწყვლადობის განმაპირობებელი ძირითადი ფაქტორები და მათი ზემოქმედების შედეგები, ეკონომიკის მოწყვლადი სექტორები და შემოთავაზებულია ძირითადი საადაპტაციო ღონისძიებები.

4. ზოგადი სახით განხილულია კლიმატური რისკების კავშირი მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან. ჩატარებული შეფასების თანახმად, საქართველოში კლიმატური რისკების წარმოქმნაში ყველაზე დიდი წვლილი შეაქვს ნალექთა რაოდენობას, თოვლის საფარს და ჰაერის საშუალო ტემპერატურას. რისკების შექმნაში მინიმალური წვლილი შეაქვს ელტექს, ქარსა და ღრუბლიანობას. კლიმატური რისკების მიმართ ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობის შეფასების შედეგად მიღებულია, რომ ბუნებრივი ეკოსისტემები საერთო ჯამში ყველაზე მგრძობიარენი არიან გვალვის, უხვი ნალექების და წყალდიდობების მიმართ, ხოლო მინიმალურად მგრძობიარენი – სეტყვის, წაყინვის, თოვლის ზვაეებისა და ზღვის დონის ცვლილების მიმართ.

დეტალურადაა განხილული საქართველოს ეკონომიკის ძირითადი დარგების სავარაუდო მგრძობიარობა კლიმატური ელემენტებისა და მათთან დაკავშირებული კლიმატური რისკების მიმართ. დაწვრილებითი ხარისხობრივი შეფასებების საფუძველზე მიღებულია, რომ ეკონომიკის დარგებიდან უდიდესი მოწყვლადობით ხასიათდება ტურიზმი, სოფლის მეურნეობა, კომუნალური მეურნეობა და ჯანდაცვა, ხოლო მინიმალური მოწყვლადობით – მშენებლობა, მეტყვეობა და ნარჩენების მართვა.

5. მიმოხილულია საქართველოში ბოლო 12 წლის მანძილზე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის დარგში მიღწეული ძირითადი შედეგები, რომლებიც მოიცავს კლიმატის ცვლილების კონცეფციის მიმართ 2 ეროვნული შეტყობინების მომზადებას, ოცამდე პროექტის შესრულებას ენერგოეფექტურობის, განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების ათვისების, სუფთა განვითარების მექანიზმის დანერგვისა და საადაპტაციო პოლიტიკის განხორციელების სფეროებში, აგრეთვე რამდენიმე ათეული საპროექტო წინადადების მომზადებას კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციისა და სათბურის გაზების ემისიის შემცირების მიმართულებით. განხილულია კლიმატის ცვლილების პოლიტიკაში ჯერ კიდევ არსებული ხარვეზები და კლიმატის ცვლილების კონვენციის მექანიზმების სრულფასოვანი დანერგვისა და ეფექტური გამოყენების წინაშე მდგარი ბარიერები.

ზოგადი სახით განხილულია ქვეყანაში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტურობის დადგენის კრიტერიუმები და ჩამოთვლილია რიგი ინდიკატორებისა, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას ამ ეფექტურობის რაოდენობრივი შეფასებისათვის. შემოთავაზებულია საქართველოში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის გასატარებელი ძირითადი პრინციპები, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესად შეიძლება ჩაითვალოს საადაპტაციო პროექტების ჩატარება კლიმატის ცვლილების მიმართ ყველაზე მოწყვლად რეგიონებში, განახლებადი ენერგორესურსების მაქსიმალური გამოყენება, ენერგოეფექტურობის ამაღლება ტერანსპორტის, საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო სექტორებში, რაც განსაკუთრებით აქტუალურია მსხვილი ქალაქების პირობებში, გატყიანება და ტყეების აღდგენა, აგრეთვე კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებით საზოგადოებრივი ცნობიერების დონის ამაღლება.

6. წინამდებარე ანგარიშში მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ელექტრონულ ფორმატში გამოქვეყნდა მონოგრაფია:

- ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ჩოგოვაძე ი. გლობალურ დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2010.
<http://www.ecohydmnet.ge>

მიღებულია გამოსაქვეყნებლად სახელმძღვანელო:

- ბერიტაშვილი ბ. კლიმატის ცვლილება და მისი გამომწვევი ანთროპოგენული ფაქტორები (სახელმძღვანელო საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში სალექციო კურსის მსმენელთათვის). საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტი, თბილისი, 2011.

მომზადდა და გამოქვეყნდა აგრეთვე 6 სამეცნიერო სტატია. საშუალო სკოლის მასწავლებლებისათვის ასოციაცია „სენის“ მიერ საქართველოს მასშტაბით ორგანიზებულ რეგიონულ ტრენინგებში ჩატარდა 6 სალექციო კურსი კლიმატის ცვლილების პრობლემაზე. ჟურნალისტებისთვის მიცემული ინტერვიუების საფუძველზე ცენტრალურ სატელევიზიო არხებზე ამავე საკითხებზე გავიდა რამდენიმე გადაცემა, პოპულარულ ჟურნალებში გამოქვეყნდა ვრცელი რეპორტაჟები.

მიუხედავად მეცნიერებასა და ტექნიკაში მიღწეული უდიდესი პროგრესისა, ამინდი კვლავაც რჩება დედამიწაზე ცხოვრების ყველა სფეროს განმგებლად.

მსოფლიოს მეტეოროლოგიური ორგანიზაცია,
1999. ტექნიკური დოკუმენტი № 955.

შესავალი

კლიმატი და მისი ცვლილება უძველესი დროიდანვე განსაზღვრავდა ცალკეული ცივილიზაციების არსებობასა და განვითარებას. ძველი ეგვიპტური ცივილიზაციის დონე მნიშვნელოვანწილად განპირობებული იყო მდ. ნილოსის წყლის რეჟიმის სტაბილობით. შუამდინარეთში დაახლოებით 2000 წლის წინ არსებული ცივილიზაცია დაინგრა თითქმის 30 წლის განმავლობაში მძვინვარე გვალვის გამო.

არსებობს მტკიცებულება იმისა, რომ IX საუკუნეში მექსიკისა და ცენტრალური ამერიკის ტერიტორიაზე არსებული მაიას ცივილიზაცია აგრეთვე დაიშალა ერთმანეთის მიყოლებით სამი გვალვიანი პერიოდის შედეგად ჭარბ მოსახლეობასა და გარემოს დეგრადაციასთან არსებული პრობლემების გამო. 700 წლის წინ ამჟამინდელი ტაილანდის ტერიტორიაზე არსებული ანგკორის ცივილიზაცია გაანადგურა მცირე შუალედით ოც-ოცი წლის განმავლობაში გამეფებულმა გვალვებმა, რამაც მწყობრიდან გამოიყვანა ქვეყნის ტერიტორიაზე არსებული რთული საირიგაციო სისტემები [1]. რაც უფრო განვითარებული იყო ცივილიზაცია, მით უფრო მოწყვლადი იყო იგი კლიმატის ცვლილების მიმართ. ყველა ცივილიზაცია ცდილობდა ადაპტირებას კლიმატის მიმდინარე ცვლილებასთან, რაც თითოეულ მათგანს მეტნაკლები წარმატებით გამოსდიოდა.

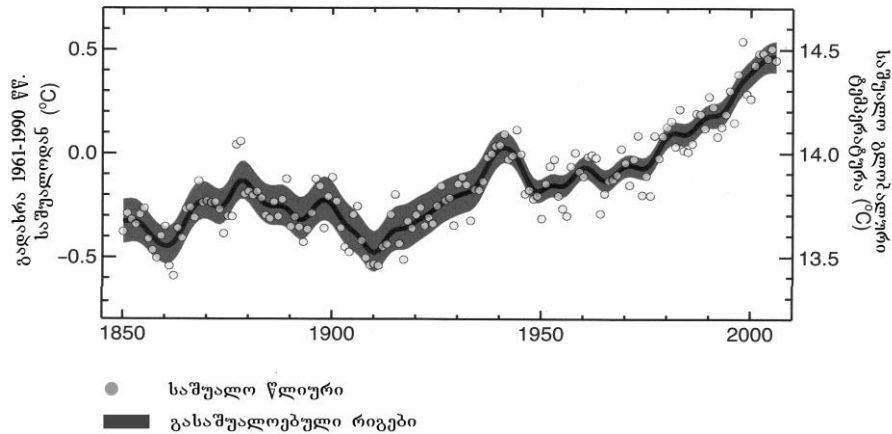
გლობალური კლიმატის თანამედროვე დაჩქარებული დათბობის პირობებში მისი ცვლილების მიმართ მოწყვლადობისა და ადაპტაციის პრობლემა მსოფლიო მასშტაბის ამოცანად იქცა, რომელიც სიდატაკესთან და ტერორიზმთან ბრძოლის პარალელურად XXI საუკუნის დასაწყისში გაეროს მიერ ძირითად გამოწვევად იქნა აღიარებული.

ბოლო 100 წლის მანძილზე (1906-2005 წწ.) ჰაერის საშუალო გლობალურმა ტემპერატურამ მოიმატა 0.74°C –ით [2], სხვა შეფასებებით [3], 1861-2005 წწ. პერიოდში საშუალო გლობალური ტემპერატურა გაიზარდა 0.44°C –ით, ამავე დროს ჩრდილო ნახევარსფეროში ტემპერატურამ იმატა 0.75°C –ით, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში 0.22°C –ით. გავლილი 50 წლის განმავლობაში საშუალო გლობალური ტემპერატურის მატების სიჩქარე შეადგენდა $0.13^{\circ}\text{C} / 10$ წელი, ხოლო ბოლო 25 წელიწადში $0.18^{\circ}\text{C} / 10$ წელი, რაც ნათლად მოწმობს ტემპერატურის ზრდის დაჩქარების ფაქტს. ინსტრუმენტული დაკვირვების დაწყებიდან გასული 150 წლის მანძილზე გლობალური ტემპერატურის ცვალებადობის მრუდი მოყვანილია ნახაზზე 1 [2].

ამ ნახაზის მარცხენა ღერძზე აღნიშნულია ტემპერატურის ანომალიები 1961-1990 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში, ხოლო მარჯვენა ღერძზე – საშუალო გლობალური ტემპერატურები. ნახაზის მარჯვენა ქვედა ნაწილში მოცემულია გლობალური ტემპერატურის ზრდის საშუალო სიჩქარეები ($^{\circ}\text{C} / 10$ წელი) დროის სხვადასხვა პერიოდებში, ათვლილი უკან 2005 წლიდან.

რაც შეეხება გლობალური დათბობის გავლენას ატმოსფერულ ნალექებზე, ბევრ დიდ რეგიონში 1900-2005 წლებში ნალექთა მსვლელობაში აღინიშნებოდა ხანგრძლივპერიოდიანი ტრენდები. კერძოდ, ნალექთა არსებით ზრდას ადგილი ჰქონდა ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკის აღმოსავლეთ ნაწილებში, ჩრდილო

ევროპაში და ჩრდილო და ცენტრალურ აზიაში. ამავე დროს, ნალექებმა შესამჩნევად იკლო საჰელის ზონაში, ხმელთაშუა ზღვის რეგიონში, სამხრეთ აფრიკაში და სამხრეთ აზიის ზოგიერთ ნაწილში. მიუხედავად ამისა, შეიძლება ითქვას, რომ აღნიშნულ პერიოდში ნალექები ხასიათდებოდა სივრცესა და დროში დიდი ცვალებადობით, და სხვა მსხვილი რეგიონებისთვის ხანგრძლივ პერიოდში მათი ტრენდების დადგენა ვერ მოხერხდა.



ნახ.1. გლობალური ტემპერატურის ცვალებადობა 1850-2005 წწ. პერიოდში.

გლობალური დათბობის შედეგად პოლარულ რაიონებში ყინულის საფარის გადნობამ გამოიწვია მსოფლიო ოკეანის დონის პერმანენტული აწევა, რამაც მე-20 საუკუნეში მიაღწია 0.17 მეტრს. ბოლო ათწლეულში (1993-2003) ზღვის დონის აწევის სიჩქარემ მიაღწია 3,1 მმ/წელი სიდიდეს, მაშინ როცა 1961- 2003 წწ. პერიოდში იგი შეადგენდა 1.8 მმ/წელს [2].

გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებული ზემოთ მოყვანილი მეტად შემაშფოთებელი პროცესები დიდ საფრთხეს უქმნის კაცობრიობას ყველა რეგიონში. ზღვის დონის აწევა იწვევს ტერიტორიების კარგვას სანაპირო ზონაში, სადაც თავმოყრილია მსოფლიო მოსახლეობის დიდი ნაწილი. გლობალური დათბობა იწვევს გვალვების სიხშირისა და ინტენსივობის, მათ მიერ მოცული ტერიტორიების ზრდას, ტროპიკული ქარიშხლების გახშირებასა და გაძლიერებას, თოვლისა და ყინულის საფარის შემცირებას, მუდმივი გაყინულობის ფართობის კლებას, წყალდიდობების გახშირებას, უარყოფით ზეგავლენას ახდენს ბიომრავალფეროვნებაზე და სხვ.

კლიმატის ცვლილების ყველა ეს ნეგატიური შედეგები მოითხოვს სათანადო საადაპტაციო ზომების მიღებას, რათა ზემოთ ნახსენები პროცესები, რომელთა შეჩერება კაცობრიობის შესაძლებლობებს აღემატება, ნაკლებად საზიანო აღმოჩნდეს მომავალი თაობებისთვის.

ბოლო 20 წლის განმავლობაში ჩატარებული მრავალმხრივი გამოკვლევების თანახმად მაღალი ალბათობით (95%) შეიძლება ჩაითვალოს, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილება, რომლის სიჩქარე უპრეცედენტოა უკანასკნელი 10 წლის მანძილზე, ანთროპოგენული მიზეზებითაა გამოწვეული. ამ მიზეზებს შორის წამყვანი ადგილი უჭირავს წიაღისეული საწვავის მოხმარების შედეგად სათბური გაზების (სგ) ემისიებს, რომელთა შესამცირებლად გამიზნული ღონისძიებები, საადაპტაციო ზომებთან ერთად, თანამედროვე ეტაპზე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის საფუძველს წარმოადგენს [4].

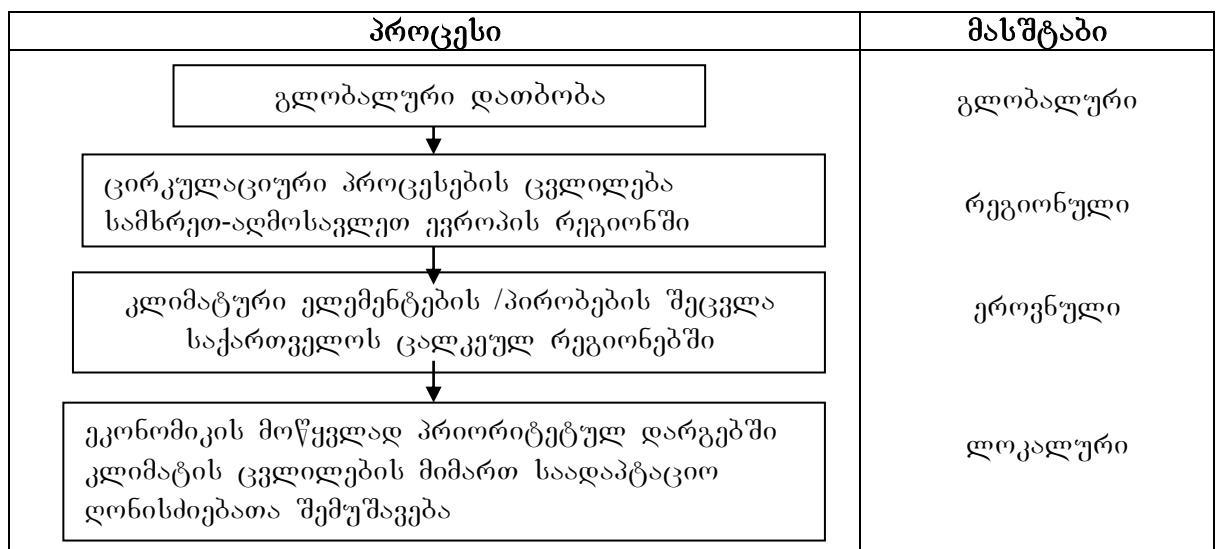
კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა გულისხმობს იმ პროგრამებისა და ღონისძიებათა ერთობლიობას, რომელიც ეროვნულ თუ საერთაშორისო დონეზე ტარდება კლიმატის ცვლილების შედეგებთან ადაპტირებისა და სათბური გაზების ემისიის შემცირების მიზნით. სამუშაოები ამ მიმართულებით საქართველოში დაიწყო 1997 წლიდან, გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციის (UNFCCC) მიმართ ქვეყნის პირველი ეროვნული შეტყობინების მომზადებასთან ერთად [5]. მას შემდეგ საქართველოში შესრულდა მთელი რიგი სვ ემისიების შემამცირებელი და საადაპტაციო პროექტებისა, რომელთა მოკლე მიმოხილვა მოცემულია წინამდებარე ნაშრომის მე-5 თავში.

აღნიშნული პერიოდის განმავლობაში ჰიდრომეტეოროლოგიის თანამშრომლებმა შესაძლო წვლილი შეიტანეს როგორც ამ პროექტების შესრულებაში, ისე ჩარჩო-კონვენციის მიმართ პირველ და მეორე [6] შეტყობინებების მომზადებაში.

წინამდებარე ნაშრომში შეჯამებულია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში 2007-2011 წლებში კლიმატის ცვლილების პრობლემაზე ანგარიშის ავტორების მიერ ჩატარებული გამოკვლევების შედეგები. ეს გამოკვლევები მიზნად ისახავდა ამჟამად მიმდინარე გლობალური დათბობის ზეგავლენით შეფასებას ატმოსფეროს ცირკულაციურ პროცესებზე კავკასიის რეგიონში და კლიმატური ელემენტების ცვლილებაზე საქართველოში, აგრეთვე ქვეყნის ცალკეულ რეგიონების კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის განხილვას და შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებათა გამოვლენას. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის სათანადო დონეზე წარმართვის პირობებში გამოკვლევის შედეგები წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებში საადაპტაციო პროექტების დაგეგმვასა და განხორციელებაში.

პროექტის შესრულების იდეა ეყრდნობა სხვადასხვა მასშტაბის პროცესების: გლობალურ დათბობას, ცირკულაციურ პროცესებს, კლიმატურ პირობებსა და ეკონომიკის ცალკეული დარგების მოწყვლადობას შორის იერარქიული დამოკიდებულების შემდეგ სქემას, რომელიც წარმოდგენილია ნახაზზე 2.

ამ სქემის პირველ ბლოკთან (გლობალური დათბობა) დაკავშირებული ინფორმაცია ზოგადი ხასიათისაა და იგი უკვე განხილული იყო ზემოთ. დანარჩენი ბლოკების ანალიზი მოყვანილია მომდევნო თავებში.



ნახ. 2. გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებული პროცესების იერარქიული დამოკიდებულების სქემა.

პროექტის შემსრულებლები დიდ მადლობას უძღვნიან საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინების კოორდინატორს მ. შვანგირაძეს ნაყოფიერი თანამშრომლობისა და პროექტში დასმული ამოცანების გადაჭრაში გაწეული უანგარო დახმარებისათვის, აგრეთვე გარემოს ეროვნული სააგენტოს კლიმატოლოგიის განყოფილების ხელმძღვანელს ლ. ქართველიშვილს კლიმატურ ელემენტებზე დაკვირვების მონაცემებით უზრუნველყოფისათვის.

ლიტერატურა

1. Stone R. Devining Angkor. Nat. Geographie, 2009, vol. 216.No 1, pp. 26-55.
2. Climate Change 2007. The physical science basis. IPCC, 2007
3. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2004. WMO- No.983, 2005.
4. Matisoff D.C. The adoption of climate change policies and renewable portfolio standards: regional diffusion or internal determinants? Review of Policy Research (RPR), 2008, vol.25, No.6, pp. 527-546.
5. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე (რედ. ბ. ბერიტაშვილი და პ. ჯანელიძე). კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრი. თბილისი, 1999.
6. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. თბილისი, 2009.

თავი 1. გლობალური დატბობის ფონზე კავკასიის რეგიონში ცირკულაციური პროცესების დინამიკის გამომკვლევა

1.1. გლობალური დატბობის გავლენა ატმოსფეროს ფართომასშტაბური ცირკულაციის პროცესებზე

დედამიწა თავისი ხმელეთით, აირიანი და თხევადი გარსით წარმოადგენს ერთიან თერმოდინამიკურ სისტემას, რომელშიც მის კომპონენტებს შორის მზიდან მიღებული სითბოს გაცვლა წარმოებს ატმოსფეროს ცირკულაციურ პროცესებისა და ოკეანის ნაკადების მეშვეობით. აღნიშნული სისტემის წონასწორულ მდგომარეობას შეესაბამება კლიმატური ზონების გარკვეული განაწილება დედამიწის ზედაპირზე. ატმოსფეროში სითბური გაზების კონცენტრაციის მკვეთრმა მატებამ და მასთან დაკავშირებულმა სათბური ეფექტმა გამოიწვია სისტემის წონასწორული მდგომარეობის შეცვლა, რის შედეგადაც დაიწყო კლიმატის ამ უამინდელი ცვლილება.

ბუნებრივია, რომ ამ ცვლილების განმაპირობებელი გლობალური დატბობა გავლენას ახდენს ატმოსფეროში მიმდინარე ცირკულაციურ პროცესებზედაც, რადგანაც ქვეფენილი ზედაპირის (ხმელეთისა და ოკეანის) თერმული რეჟიმის ცვლილება იწვევს შესაბამის ძვრებს ამ რეჟიმთან დაკავშირებულ ცირკულაციურ პროცესებში.

თანახმად ანგარიშში [1] მოყვანილი მონაცემებისა, გლობალური მასშტაბით წარმოებული აეროლოგიური და თანამგზავრული დაკვირვებების ანალიზი მოწმობს, რომ გლობალურმა დატბობამ უკვე გამოიწვია გარკვეული ცვლილებები ატმოსფეროს ცირკულაციურ პროცესებში, რაც გამოიხატა პოლუსებისაკენ მათ გადანაცვლებაში და დასავლეთის ქარების გაძლიერებაში. 1979-დან 1990-იანი წლების დასასრულამდე აღინიშნა საშუალო განედებში დასავლეთის ქარების მაქსიმუმების გაძლიერება ორივე ნახევარსფეროში თითქმის ყველა სეზონის განმავლობაში. დადგენილ იქნა აგრეთვე ატლანტიკისა და სამხრეთის პოლარულ ფრონტებთან დაკავშირებული ჭავლური ნაკადების გადანაცვლება შესაბამის პოლუსების მიმართულებით.

ჩრდილო ნახევარსფეროში დასავლეთის ქარები გაძლიერდა 1960-იანიდან 1990-იან წლებამდე, თუმცა ამის შემდეგ დაიწყო მრავალწლიური საშუალოსკენ მათი დაბრუნება. დასავლეთის ქარების გაძლიერება წარმოადგენს ძირითად ფაქტორს, რომელიც განაპირობებს ზამთარში ტროპიკული გრიგალების ტრაექტორიების შეცვლას და შესაბამის ცვლილებებს ნალექთა და ტემპერატურის ტრენდებში საშუალო და მაღალ განედებში. ამ გრიგალების მახასიათებლების ანალიზმა აჩვენა, რომ 1970-იანი წლების დასასრულიდან 1990-იანი წლების ბოლომდე ადგილი ჰქონდა ტროპოსფეროსა და ქვედა სტრატოსფეროში ზამთრის პოლარული გრიგალების გაძლიერებას.

დაიკვირვება აგრეთვე ცვლილებები ოკეანესა და ატმოსფეროს ურთიერთქმედებაში წყნარი ოკეანის ზედაპირზე. ამ პროცესების შიდაწლიური ცვალებადობა ძირითადად აისახება ელ-ნინიო სამხრეთის ოსცილაციაზე (ENSO) [2,3], რომელშიც 1976-1977 წლებში წყნარი ოკეანის დეკადური ოსცილაციის (PDO) ფაზის შეცვლასთან დაკავშირებით თავის ევოლუციაში მნიშვნელოვანი ცვლილება განიცადა. ამან ზემოქმედება მოახდინა ბევრ რეგიონზე ტროპიკული მუსონების რეჟიმის შეცვლის შედეგად. მაგალითად, ჩრდილო ამერიკაში ENSO-სთან და ჩრდილო ატლანტიკურ რხევასთან (NAO) დაკავშირებულმა პროცესებმა

გამოიწვია ტემპერატურისა და ნალექთა მკვეთრი გადანაწილება კონტინენტის აღმოსავლეთ და დასავლეთ ნაწილებს შორის.

1970-იანი წლების შუა პერიოდიდან ელ-ნინოს თბილი პერიოდების რიცხვმა შესამჩნევად იმატა ცივი ეპიზოდების (ლა-ნინია) რიცხვთან შედარებით. ამან აშკარა ზემოქმედება მოახდინა ტროპიკული ქარიშხლების სიხშირესა და ინტენსივობაზე. კერძოდ, გავლილ პერიოდში გამოვლინდა ძლიერი ქარიშხლების პროპორციის გამოკვეთილი ზრდა ტროპიკული გრივალების საერთო რიცხვში, რომელიც ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში თითქმის არ შეცვლილა. 1970-იანი წლების შემდეგ მე-4 და მე-5 კატეგორიის (უმძლავრესი ქარიშხლების რაოდენობა გაიზარდა 75%-ით, ძირითადად წყნარი ოკეანის ჩრდილო სექტორში, ინდოეთისა და წყნარი ოკეანის სამხრეთ-დასავლეთ სექტორებში. ამავე დროს, ჩრდილო ატლანტიკაში ბოლო 11 წლიდან 9 წელი გამოირჩეოდა ნორმაზე მეტი რაოდენობის ქარიშხლებით, რის კულმინაციასაც წარმოადგენდა რეკორდული 2005 წელი.

ამასთან ერთად, 1990-იან წლებში NAO –ს ევროპულ სექტორში პოზიტიური ფაზების გახშირებას თან მოჰყვა ჩრდილო ევროპაში ნალექთა ზრდა, ხოლო მათი შემცირება – ხმელთაშუა ზღვისა და ჩრდილო აფრიკის რეგიონებში. საჰელის ზონაში 1960-იანი წლების დასასრულიდან დაწყებული გვალვები, რომლებიც, თუმცა შესუსტებული სახით, ახლაც გრძელდება, უკავშირდება ზღვის ზედაპირული ტემპერატურის (SST) თანდათანობით მატებას წყნარი, ინდოეთისა და ატლანტის ოკეანეებში. თანახმად ანგარიშში [4] მოყვანილი დასკვნისა, 28°C ზემოთ SST მნიშვნელობის ანომალიებს თან სდევს ელ-ნინოს მოქმედების ზონაში კონვექციის მკვეთრი გაძლიერება, რაც იწვევს როგორც ტროპიკული ქარიშხლების ინტენსივობის ზრდას, ასევე ამ ზონიდან ათასობით კილომეტრის დაშორებით სხვა რეგიონებში შესაბამისი ანომალიების წარმოშობას ე.წ. “შორეული კავშირის” (teleconnections) მექანიზმის მეშვეობით. ამავე პროცესების ზეგავლენით ბოლო ათწლეულებში გვალვებმა მოიცვა სულ უფრო მზარდი ტერიტორიები აფრიკის კონტინენტზე და გახშირდა ტროპიკებსა და სუბტროპიკებში [1].

ზემოთ მოყვანილი ფაქტები მოწმობს, რომ გლობალური დათბობის ზეგავლენით უკვე დაიწყო არსებითი ცვლილებები ატმოსფეროს ფართომასშტაბური ცირკულაციის პროცესებში. მართალია, ეს ცვლილებები ჯერ მცირე ამპლიტუდით ხასიათდება, მაგრამ თავად გლობალური დათბობის საუკუნოვანი ნორმიდან გადახრაც (0.74°C) არ არის დიდი მიმდინარე საუკუნის დასასრულისთვის პროგნოზირებულ [1] გადახრასთან ($1.8 - 4.0^{\circ}\text{C}$) შედარებით. ამიტომ, ბუნებრივია, ვივარაუდოთ, რომ 2100 წლისთვის მოსალოდნელი გლობალური დათბობა გაცილებით მასშტაბურ შემფოთებებს შეიტანს ატმოსფერული ცირკულაციის პროცესებში, რასაც შესაბამისად მოჰყვება არსებითი ძვრები ცალკეული რეგიონების კლიმატურ პირობებში.

კონკრეტულად კავკასიის რეგიონისთვის, გლობალური დათბობის ზეგავლენა მის თავზე მიმდინარე ცირკულაციურ პროცესებზე პირველად შეფასებულ იქნა შრომაში [5], რომელიც დაეყრდნო საქართველოს პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში მიღებულ შედეგებს. ამ ნაშრომის თანახმად, XX საუკუნის ბოლო ათწლეულებში, საუკუნის დასაწყისთან შედარებით, საგრძნობლად შესუსტდა კავკასიაზე იმ ცირკულაციური პროცესების ზემოქმედება, რომლებიც განაპირობებენ რეგიონში ცივი ჰაერის მასების გავრცელებას. ეს ფაქტი ჩვენ დაგუკავშირეთ არქტიკული ანტიციკლონის შესუსტებას, რაც შედეგად უნდა მოჰყოლოდა უკანასკნელი წლის მანძილზე ციმბირის ჩრდილო რაიონებში ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელოვან მატებას.

1.2 ცირკულაციური პროცესების დინამიკის ამსახველი ინდექსების გამოთვლა

ცირკულაციური პროცესების დინამიკის ანალიზის მიზნით დიდი მნიშვნელობა აქვს ცირკულაციის ობიექტური მახასიათებლების გამოთვლის მეთოდის შემუშავებას. ეს, ერთი შეხედვით, თითქოსდა მარტივი საკითხი სინამდვილეში ძალიან რთული გადასაწყვეტი აღმოჩნდა, რის გამოც სამუშაოები ამ პრობლემის გადასაწყვეტად ინტენსიურად გრძელდება. სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ ატმოსფერული ცირკულაციური პროცესები ხასიათდებიან განსხვავებული მასშტაბებით, სივრცითი განაწილების მრავალფეროვნებით, გარდა ამისა, დროში განიცდიან მნიშვნელოვან ცვლილებას და ა.შ. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში ამ მიმართულებით ჩატარებულმა კვლევებმა [6,7] აჩვენა, რომ შეიძლება სავსებით დამაკმაყოფილებელი შედეგები იქნეს მიღებული, თუ ატმოსფერული ცირკულაციური პროცესების დინამიკის ამსახველი ინდექსების გამოთვლა შესრულებული იქნება (1.1-1.3) გამოსახულებების საშუალებით.

ამ ფორმულებში F არის AT-500 ჰჰა დონის სიმაღლე გეოპოტენციალურ დეკამეტრებში, ხოლო i და j აღნიშნავს პარამეტრის მნიშვნელობებს ბადის i და j წერტილებში. ΔF , F_x და F_y ინდექსები საშუალებას იძლევა პრაქტიკაში მისაღები სიზუსტით რაოდენობრივად (ობიექტურად) აღწერილ იქნას ამინდის რუკებზე წარმოდგენილი ბარიული ველი. მათი გამოყენებით პირველ რიგში შესაძლებელია ისეთი ცირკულაციური წარმონაქმნების დაფიქსირება, როგორცაა: ციკლონი, ანტიციკლონი, დაბალი წნევის ღარი, მაღალი წნევის თხემი, აგრეთვე იმის, თუ როგორი ინტენსივობით ხასიათდებიან ისინი. ეს ხორციელდება ΔF -ის გამოთვლის საშუალებით. პრინციპში, ΔF არის ლაპლასიანის ოპერატორი გეოპოტენციალური სიმაღლეებისათვის, რომლის რიცხვითი მნიშვნელობა რაოდენობრივად ახასიათებს ფართომასშტაბიანი ჰაერის მასების წრიული მოძრაობის ვერტიკალური მდგენელის მნიშვნელობას (წმ⁻¹). ΔF -ის ნიშანი და აბცოლუტური სიდიდე სულად ასახავენ ბარიული წარმონაქმნების თავისებურებებს, რასაც ჩვენთვის არსებითი მნიშვნელობა გააჩნია.

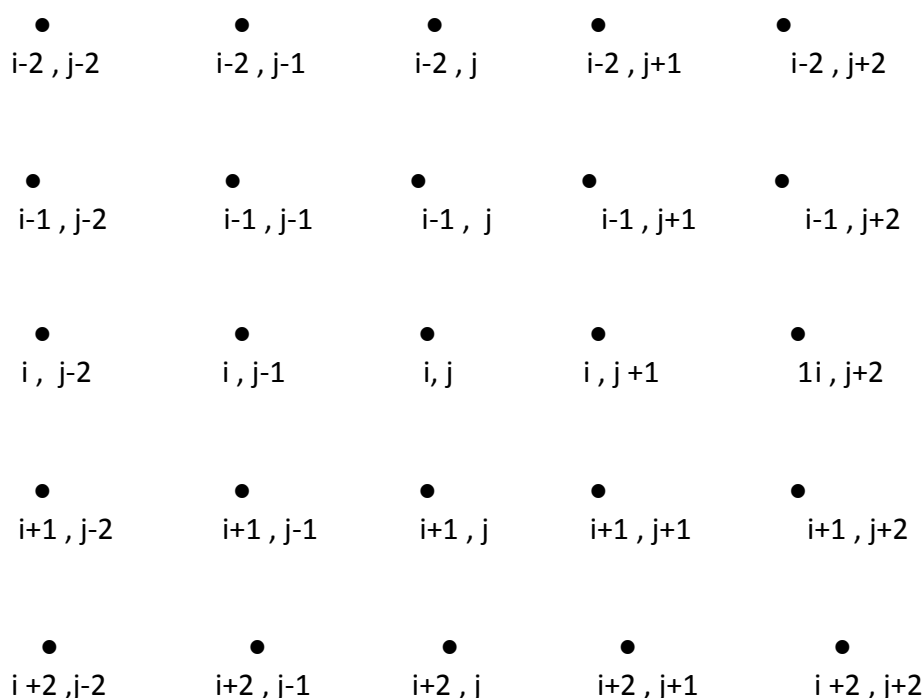
ფიქსირდება აგრეთვე ჰაერის მასების გადაადგილების მიმართულება და სიჩქარე, რაც ხორციელდება F_x და F_y ინდექსების გამოთვლის საშუალებით. F_x და F_y არის გეოპოტენციალური სიმაღლეების გრადიენტის ჰორიზონტალური მდგენელები X და Y ღერძების მიმართ და რიცხობრივად ახასიათებენ ჰაერის მასების გადატანის მიმართულებასა და სიჩქარეს (მ/წმ).

$$\begin{aligned} \Delta F|_{ij} = & 0.5 \times 10^{-1} [2(F_{i+2,j+2} + F_{i+2,j-2} + F_{i-2,j-2} + F_{i-2,j+2}) + (F_{i+1,j+2} + F_{i+1,j-2} + \\ & + F_{i-1,j-2} + F_{i-1,j+2} + F_{i+2,j+1} + F_{i+2,j-1} + F_{i-2,j-1} + F_{i-2,j+1}) - 2(F_{i,j+1} + F_{i+1,j} + F_{i,j-1} + \\ & + F_{i-1,j}) - (F_{i,j+2} + F_{i+2,j} + F_{i,j-2} + F_{i-2,j}) - 4F_{i,j}] \end{aligned} \quad (1.1)$$

$$\begin{aligned} F_x|_{i,j} = & 0.4 \cdot 10^{-1} [(F_{i+2,j+2} + F_{i+1,j+2} + F_{j+2} + F_{i-1,j+2} + F_{i-2,j+2}) + \\ & + 0.5(F_{i+2,j+1} + F_{i+1,j+1} + F_{i,j+1} + F_{i-1,j+1} + F_{i-2,j+1}) + (F_{i+2,j-2} + F_{i+1,j-2} + \\ & + F_{i,j-2} + F_{i-1,j-2} + F_{i-2,j-2}) - 0.5(F_{i+2,j-1} + F_{i+1,j-1} + F_{i,j-1} + F_{i-1,j-1} + F_{i-2,j-1})] \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$\begin{aligned} F_y|_{i,j} = & -0.4 \cdot 10^{-1} [(F_{i+2,j+2} + F_{i+2,j+1} + F_{i+2,j} + F_{i+2,j-1} + F_{i+2,j-2}) + \\ & + 0.5(F_{i+1,j+2} + F_{i+1,j+1} + F_{i+1,j} + F_{i+1,j-1} + F_{i+1,j-2}) - (F_{i-2,j+2} + F_{i-2,j+1} + \\ & + F_{i-2,j} + F_{i-2,j-1} + F_{i-2,j-2}) - 0.5(F_{i-1,j+2} + F_{i-1,j+1} + F_{i-1,j} + F_{i-1,j-1} + F_{i-1,j-2})] \end{aligned} \quad (1.3)$$

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ΔF , F_x , F_y ინდექსების მნიშვნელობები არ ასახავენ ატმოსფეროს ცირკულაციის მდგომარეობას ლოკალურ წერტილებში, არამედ, ისინი ასახავენ ცირკულაციის გარკვეულ გასაშუალოებულ, ე.წ. ფონურ მდგომარეობას მოცემული ცენტრალური წერტილის ირგვლივ. გასაშუალოების ხარისხი დამოკიდებულია იმაზე, თუ გამოთვლის დროს რამდენი წერტილი იქნება აღებული ცენტრალური წერტილის ირგვლივ, აგრეთვე იმაზე, თუ რა მანძილი იქნება აღებული ბადის წერტილებს შორის. ჩვენი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ცირკულაციის პროცესების ანალიზის დროს ოპტიმალური შედეგები მიიღება, თუ ინდექსების გამოთვლის დროს მონაცემები აღებული იქნება 25 წერტილში (ნახ 1.2.1) მანძილი წერტილებს შორის უნდა შეადგენდეს დაახლოებით 500 კმ-ს.

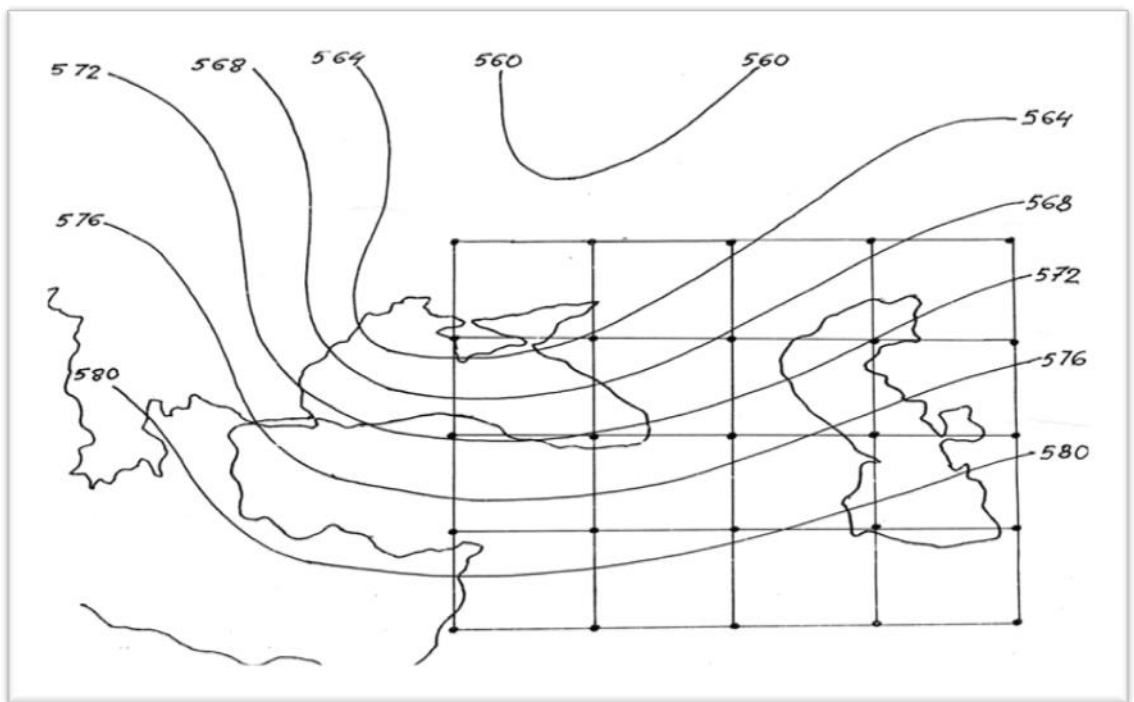


ნახ. 1.2.1 რეგულარული ბადის წერტილების განლაგება ცირკულაციის ინდექსების გამოთვლისათვის

თუ $\Delta F > 0$, მაშინ ამინდის რუკის მოცემული წერტილის ირგვლივ დაიკვირვება ციკლონური წარმონაქმნი (ციკლონი, ციკლონის ღარი, დაბალი წნევის არე). იმ შემთხვევაში, როდესაც $\Delta F < 0$, აღვილი აქვს ანტიციკლონური წარმონაქმნის განვითარების (ანტიციკლონი, ანტიციკლონის თხემი, მაღალი წნევის არე). თუ $F_x > 0$, მაშინ უპირატესად აღინიშნება ჰაერის მასების მოძრაობა ჰორიზონტის სამხრეთ ნაწილიდან ჩრდილოეთის მიმართულებით, ხოლო იმ შემთხვევაში, როდესაც $F_x < 0$ ჰაერის მასები ძირითადად გადაადგილდებიან ჰორიზონტის ჩრდილო ნაწილიდან სამხრეთის მიმართულებით. თუ დაფიქსირებულია, რომ $F_y > 0$, მაშინ ჰაერის მასები მოძრაობენ ჰორიზონტის დასავლეთი ნაწილიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით, ხოლო თუ $F_y < 0$, მაშინ ჰაერის მასები გადაადგილდებიან ჰორიზონტის აღმოსავლეთი ნაწილიდან დასავლეთის მიმართულებით.

ინდექსების (ΔF , F_x , F_y) გამოთვლის აქტუალობა უპირველეს ყოვლისა განისაზღვრება იმით, რომ ტროპოსფეროს შუა ფენაში ($\sim 5,5$ კმ) სითბოსა და სიცივის კერებს შეესაბამება ანტიციკლონური ($\Delta F < 0$) და ციკლონური ($\Delta F > 0$) ბარიული წარმონაქმნები. როგორც ცნობილია, სწორედ ტროპოსფერული სითბოსა და სიცივის კერები ახდენენ გადამწყვეტ ზეგავლენას ამინდის პირობების ჩამოყალიბებაზე მიწისპირა ჰაერის ფენაში, კერძოდ, განსაზღვრავენ თბილი და ცივი, აგრეთვე ნალექიანი და უნალექო ამინდების განვითარების პროცესებს. ისიც ცნობილია, რომ მიწისპირა ჰაერის ფენაში მეტეოროლოგიური პარამეტრების ცვალებადობა ყველაზე მეტად დამოკიდებულია ტროპოსფეროს შუა ფენაში ცირკულაციური პროცესების ცვალებადობაზე. აქედან გამომდინარეობს საკვებით ბუნებრივია დასკვნა იმის შესახებ, რომ ცირკულაციის ინდექსების გამოთვლა მიზანშეწონილია AT-500 ჰჰა-ის რუკების მონაცემების გამოყენებით, პირველ ყოვლისა კი გეოპოტენციალური სიმაღლეების მიხედვით. შედეგად ჩნდება იმის შესაძლებლობა, რომ AT-500 ჰჰა დონეზე მიმდინარე ცირკულაციური პროცესები უშუალოდ დაუუკავშიროთ მიწისპირა ჰაერის ფენაში განვითარებულ ამინდის პირობებს, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მეტეოროლოგიური პარამეტრების გრძელვადიანი ცვალებადობის ანალიზისათვის.

მოცემულ სამუშაოში შესრულებული ცირკულაციური პროცესების ანალიზი ემყარება ზემოთ აღწერილი მეთოდის გამოყენებით ინდექსების გამოთვლის შედეგებს. გამოთვლები ჩატარდა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დამუშავებული კომპიუტერული პროგრამის საშუალებით. ნახაზზე 1.2.2 წარმოდგენილია ნახ. 1.2.1-ის შესაბამისი ბადის წერტილების განლაგება მაღლივ რუკაზე (AT-500 ჰჰა) ცირკულაციის ინდექსების (ΔF , F_x , F_y) გამოთვლის დროს ამიერკავკასიის ცენტრალურ ნაწილში.



ნახ.1.2.2. ბადის წერტილების განლაგება მაღლივ რუკაზე (AT-500 ჰჰა) ცირკულაციის ინდექსების (ΔF , F_x , F_y) გამოთვლის დროს ამიერკავკასიის ცენტრში (თბილისი). იზოხაზები გავლებულია

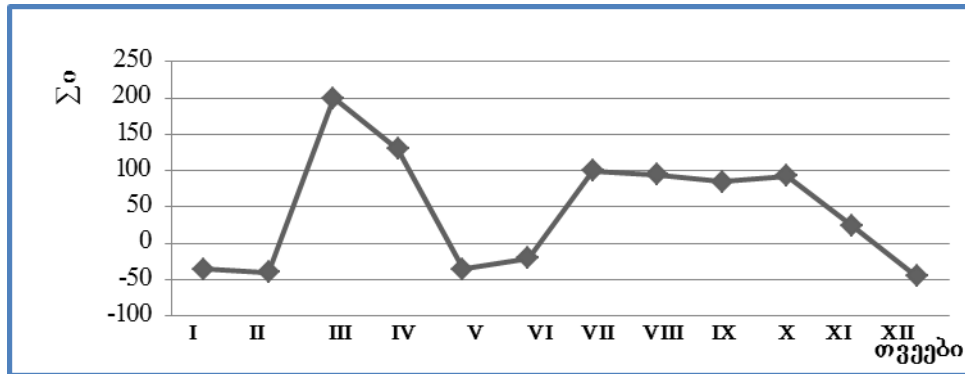
4 გეოპოტენციალური დეკამეტრის ბიჯით.

როგორც ვნახეთ, ცირკულაციური პროცესების ცირკულაციური ინდექსებით აღწერის დროს გადამწყვეტი როლი ΔF -ს ეკუთვნის, პირველ ყოვლისა კი მის ნიშანს, ხოლო F_x და F_y -ის მნიშვნელობებით ხდება ΔF -ის ეფექტის გაძლიერება, რაც კარგად ჩანს დანართი II-ის მონაცემების განხილვის დროს. მიუხედავად ამისა, ხშირ შემთხვევაში ცირკულაციური პროცესების ანალიზის მიზნით, მიზანშეწონილია ცირკულაციური ინდექსების არამარტო ცალ-ცალკე განხილვა, არამედ მათი გაერთიანება და ერთი, კომპლექსური სახით წარმოდგენა. ეს განსაკუთრებით მიზანშეწონილია მაშინ, როდესაც საჭიროა ატმოსფეროში მიმდინარე დათბობისა და აცივების პროცესების დინამიკის შესწავლა. ამისათვის უნდა მოვახდინოთ ცირკულაციის ინდექსების ნორმირება და თითოეული მათგანი გაიყოს მათ შემდეგ საშუალო მნიშვნელობებზე: $\Delta F = 0.8$ მ/წმ¹, $F_x = 1.5$ მ/წმ, $F_y = 2.5$ მ/წმ (ეს სიდიდეები მიღებულია 2008-2009 წლებში ინდექსების ყოველდღიური მნიშვნელობების გასაშუალოებით). მაშინ ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის (I) გამოსათვლელი გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

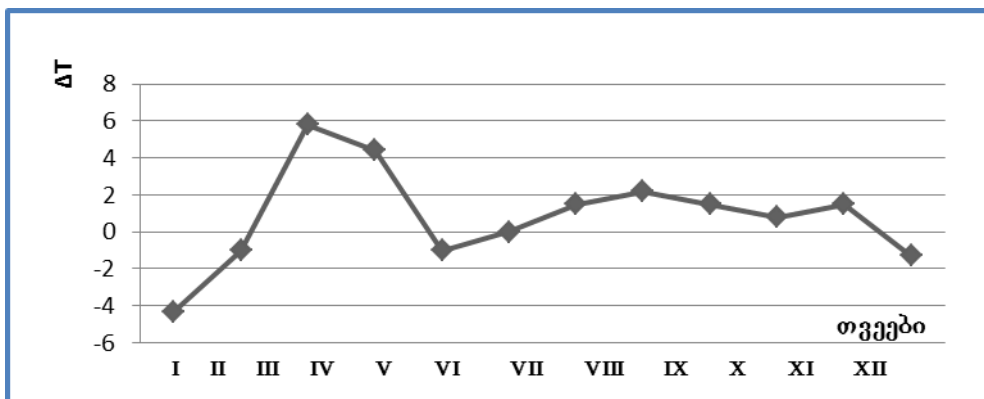
$$I = K \left(\frac{|\Delta F|}{0.8} + \frac{|F_x|}{1.5} + \frac{|F_y|}{2.5} \right), \quad 1.2.1.$$

სადაც $K = \left(\frac{\Delta F}{|\Delta F|} \right)$ შემოტანილია იმისათვის, რომ ცირკულაციის კომპლექსურმა ინდექსმა მიიღოს დადებითი ან უარყოფითი ნიშანი ΔF -ის ნიშნის მიხედვით. თუ $\Delta F > 0$ (აცივების ხელშემწყობი ცირკულაციური პროცესი), მაშინ $I < 0$, ხოლო თუ $\Delta F < 0$ (დათბობის ხელშემწყობი ცირკულაციური პროცესი), მაშინ $I > 0$. ამრიგად, თუ ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის მნიშვნელობა დადებითია ($I > 0$), ეს ნიშნავს, რომ ატმოსფეროში მოქმედებს დათბობისათვის ხელსაყრელი ცირკულაციური პირობები (რაც გამოიხატება მცირეთოვლიანობით, ანომალური სიცივეებით, თოვლის საფარის ინტენსიური დნობით, უნაღველო პერიოდებით, გვალვებით და ა.შ.) და, პირიქით, თუ $I < 0$, მაშინ ატმოსფეროში გააქტიურებულია აცივებისათვის ხელსაყრელი ცირკულაციური პირობები (უხვნაღველიანობა, ანომალური სიცივეები, სეტყვიანობა, დიდთოვლიანობა და ა.შ.). ჩვენთვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საკითხის პრაქტიკული მხარე. მაგალითად, საინტერესოა თუ როგორ აისახება ჰაერის ტემპერატურის ანომალიების განვითარება წლის განმავლობაში ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის დინამიკაზე. ამ მიზნით, 2008 წლის ყოველდღიური AT-500 ჰჰა რუკების მონაცემებისა და გამოსახულება (1.2.1)-ის გამოყენებით გამოთვლილი იქნა ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის მნიშვნელობები ამიერკავკასიის ცენტრალურ ნაწილში. აგრეთვე, განსაზღვრული იქნა ამ ინდექსების ჯამური მნიშვნელობები თვეების მიხედვით. მიღებული შედეგი წარმოდგენილია ნახაზზე 1.2.3 გრაფიკის სახით. გარდა ამისა ნახაზზე 1.24 მოცემულია ქ. თბილისში (აეროპორტი) ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან გადახრის მსვლელობა 2008 წლის განმავლობაში. თუ ჩვენ ამ ორ გრაფიკს ერთმანეთს შევადარებთ დავინახავთ, რომ ცირკულაციის ინდექსის ჯამური მნიშვნელობების წლიური მსვლელობა საკმაოდ ადეკვატურად იმეორებს ჰაერის ტემპერატურის თვეების ანომალიების წლიურ მსვლელობას. საყურადღებოა ისიც, რომ ჰაერის ტემპერატურის უარყოფითი მნიშვნელობის მქონე ყველა ხუთ თვეში (იანვარი, თებერვალი, მარტი, ივნისი, დეკემბერი) დაფიქსირებულია უარყოფითი

მიშენელოებიც. ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის მაქსიმალური დადებითი მიშენელობებიც ასევე ემთხვევა ანომალურად ყველაზე თბილ თვეებს. აქ პირველ რიგში იგულისხმება მარტის თვე, როდესაც დაფიქსირდა ნორმიდან გადახრის ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა (5.8 °C). აქედან გამომდინარე, შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ კომპლექსური ინდექსის მნიშვნელობა საკმაოდ კარგად ასახავს ატმოსფეროში ცივი და თბილი ტალღების ჩამოყალიბების პროცესს, რაც ძალზე მნიშვნელოვანია. საქმე იმაშია, რომ აღნიშნული გარემოება შესაძლებლობას იძლევა იმისა, რომ ცირკულაციის მხოლოდ კომპლექსური ინდექსებზე დაყრდნობით ვიმსჯელოთ ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის შესახებ.



ნახ. 1.2.3. ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის ჯამური მნიშვნელობები (ΣI) თვეების მიხედვით 2008 წელს



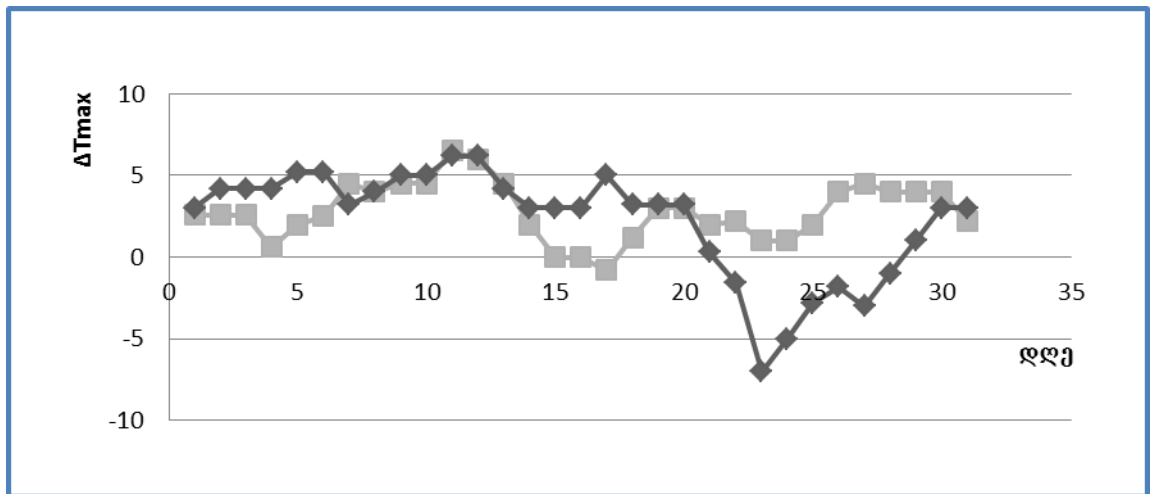
ნახ. 1.2.4. თბილისში (აეროპორტი) ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან გადახრა (ΔT⁰C) 2008 წელს

ჩვენს მიერ გაანალიზებული იქნა აგრეთვე საქართველოში 2010 წლის ცხელი ივლის-აგვისტოს გამომწვევი ცირკულაციური პირობები. თუ 2010 წლის პირველი ნახევარი კლიმატური ანომალიების მხრივ არაფრით არ გამოირჩეოდა მომდევნო პერიოდში, კერძოდ კი ივლის – აგვისტოს თვეებში შეიმჩნეოდა ჰაერის ტემპერატურის ნორმასთან შედარებით მომატებული რეჟიმი, ასევე ნალექიან დღეთა შემცირება. შექმნილი სიტუაციის დასტურია აღნიშნულ თვეებში საქართველოს ტერიტორიაზე გახშირებული ტყის ხანძრები, აგრეთვე რთველის საკმაოდ ნაადრევი დაწყება კახეთში (აგვისტოს თვეში).

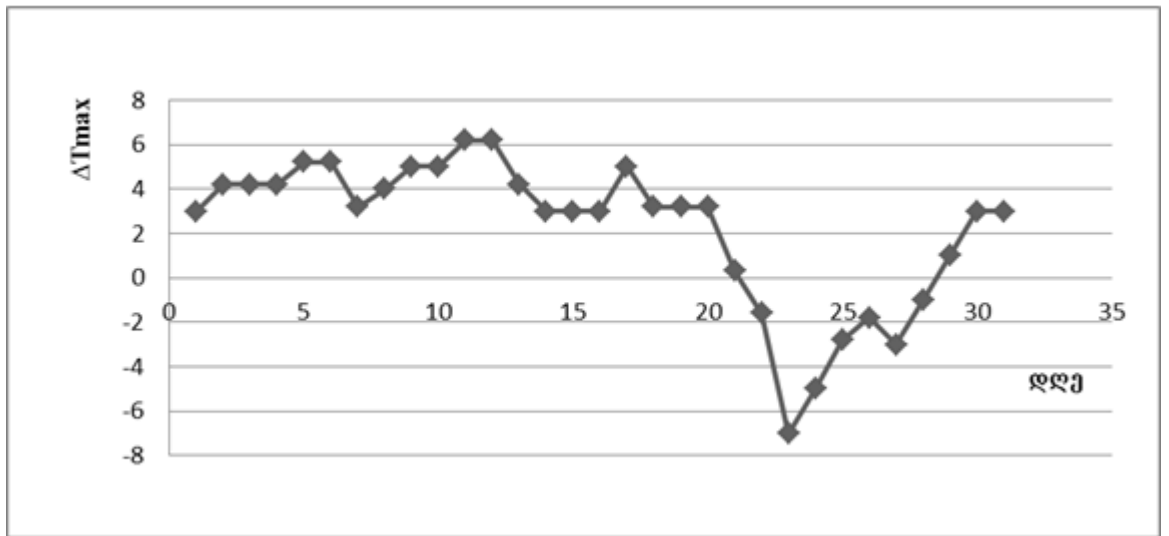
ჩვენთვის ძალზე მნიშვნელოვანი იყო გაგვერკვია, თუ ყველაზე უფრო რომელ პარამეტრზე აისახა ზემოხსენებული ცვლილება ივლის-აგვისტოს

ამინდის პირობებში, აგრეთვე როგორც ატმოსფერულმა ცირკულაციურმა პროცესებმა განაპირობა ეს ცვლილებები.

მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ 2010 წლის ივლის-აგვისტოში საქართველოში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურა განსაკუთრებით მაღალი არ ყოფილა. მაგალითად, თბილისში მისი ნორმიდან დადებითი გადახრის მნიშვნელობამ ივლისში მხოლოდ 2.5, ხოლო აგვისტოში 2.1 °C – ს მიაღწია. ჰაერის ტემპერატურის აბსოლუტური მაქსიმუმის მნიშვნელობები ივლის-აგვისტოში შესაბამისად 38 და 37 °C – ის ტოლი აღმოჩნდა, რაც 3-4 °C-ით ნაკლებია კლიმატურ აბსოლუტურ მაქსიმუმებთან შედარებით. აღნიშნული თვეების ატმოსფერული ნალექების ჯამებმა თბილისში შესაბამისად 54.1 და 34.1 მმ შეადგინა, რაც დიდად არ განსხვავდება მათი საშუალო მნიშვნელობებიდან (48 და 37 მმ შესაბამისად). თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ივლის-აგვისტოში მოსული ნალექების უდიდესი ნაწილი დაკავშირებული იყო თავსება წვიმების რამდენიმე შემთხვევასთან, ხოლო როგორც ზემოთ აღინიშნა საერთო ნალექიან დღეთა რაოდენობა მნიშვნელოვნად შემცირდა. მაგალითად, თბილისში ნალექიან დღეთა რიცხვმა ივლისსა და აგვისტოში 6 და 2 შეადგინა, მაშინ როცა მათი საშუალო მნიშვნელობები 9.1 და 7.5-ის ტოლია. გარდა ამისა, დადგენილი იქნა აგრეთვე, რომ 2010 წლის ივლის-აგვისტოს ჰაერის მაღალი ტემპერატურული ფონი საქართველოში საკმაოდ მკაფიოდ არის ასახული ჰაერის ყოველდღიური მაქსიმალური ტემპერატურის მნიშვნელობებზე. ეს მონაცემები გრაფიკების სახით წარმოდგენილია ნახაზებზე 1.2.5. და 1.2.6.



ნახ. 1.2.5. ჰაერის ყოველდღიური მაქსიმალური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრა თბილისში. ივლისი, 2010.



ნახ. 1.2.6. ჰაერის ყოველდღიური მაქსიმალური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრა თბილისში. აგვისტო, 2010.

უპირველეს ყოვლისა, გვინდა ხაზი გავუსვათ იმას, რომ თბილისში ივლისის თვეში (ნახ. 1.2.5) თითქმის ყოველდღიურად (31-დან 30 შემთხვევაში) აღინიშნებოდა ჰაერის დღის მაქსიმალური ტემპერატურის დადებითი გადახრა საშუალო კლიმატური მაქსიმუმიდან. ამასთან, მაქსიმალურმა გადახრამ 7.2 °C შეადგინა. სულ ერთჯერ დაფიქსირდა უარყოფითი გადახრა და ისიც საკმაოდ მცირე (-0.8 °C). საერთო ჯამში ივლისის თვის საშუალო დადებითი გადახრა 3.5 °C აღმოჩნდა. აგვისტოს თვეში (ნახ. 1.2.6) ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურის დადებითი გადახრა 24-ჯერ აღინიშნა, ხოლო მათ შორის მაქსიმალური გადახრა იყო 6.2 °C – ის ტოლი. საერთო ჯამში აგვისტოს თვის საშუალო გადახრამ 3.1 °C შეადგინა, რაც 0.4 °C -ით ნაკლებია ივლისის თვის საშუალო გადახრაზე.

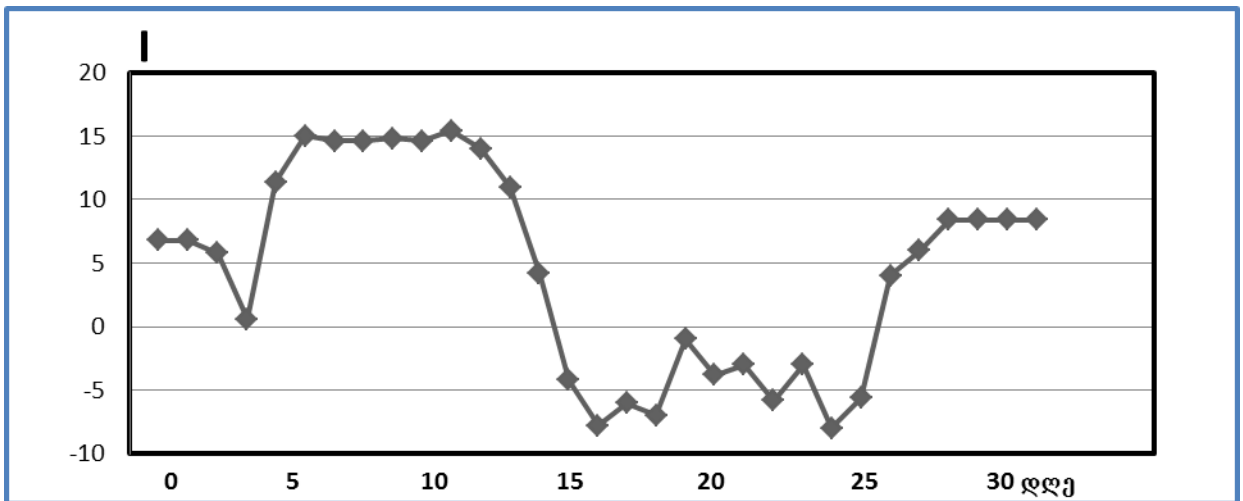
როგორც ვხედავთ, 2010 წლის ივლის-აგვისტოს თვეში სახეზე გვაქვს ჰაერის ყოველდღიური მაქსიმალური ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი გადახრის ძალზე სტაბილური სურათი. თუ იმასაც გავითვალისწინებთ, რომ აღნიშნულ თვეებში ადგილი ჰქონდა ნალექიან დღეთა შემცირებას, მაშინ გასაგები გახდება ამ პერიოდში ჰაერის მაღალი ტემპერატურული ფონის არსებობა საქართველოში. აქედან გამომდინარე მართებულად მიგვაჩნია, რომ 2010 წლის ივლის-აგვისტოს პერიოდი საქართველოში განვიხილოთ, როგორც პერიოდი კლიმატური ნორმიდან მნიშვნელოვანი დადებითი გადახრით, კერძოდ კი, ჰაერის მაღალი ტემპერატურული ფონის ხანგრძლივობის თვალსაზრისით.

ქვემოთ ჩვენ შევჩერდებით იმ ცირკულაციური პირობების ანალიზზე, რომლებმაც გამოიწვია საქართველოში ჰაერის მაღალი ტემპერატურული რეჟიმით ხანგრძლივი პერიოდის ჩამოყალიბება. ამისათვის გამოყენებული იქნა ცირკულაციური ინდექსების (ΔF , F_x , F_y , I) გამოთვლის მეთოდი AT-500 ჰჰა რუკებზე, რაზეც უკვე გვქონდა საუბარი პარაგრაფის წინა ნაწილში.

ცირკულაციური ინდექსების გამოსათვლელად ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა 2010 წლის ივლის-აგვისტოს აეროლოგიური რუკები (AT-500 ჰჰა). გამოთვლები განხორციელებული იქნა გეოპოტენციალური სიმაღლეების მონაცემთა მიხედვით ბადის წერტილებში (25 წერტილი, ბიჯი 500 კმ), რომელთა ცენტრი მოთავსებული იყო ამიერკავკასიის შუა ნაწილში. ამიტომ, გამოთვლილი პარამეტრები ასახავენ ცირკულაციური პროცესების საშუალო მდგომარეობას ამიერკავკასიასა და მიმდებარე ტერიტორიებზე, რაც შეესაბამება ჩვენი

ამოცანის შინაარსს. პირველ რიგში ჩვენ გვაინტერესებს I-ს განაწილების სურათი, ვინაიდან ეს სიდიდე, როგორც უკვე აღვნიშნეთ ასახავს ცირკულაციური სიტუაციების ჯამურ მდგომარებას, რასაც ძირითადი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროში სითბოსა და სიცივის კერების დინამიკაში.

ნახ. 1.2.7-ზე წარმოდგენილია ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის (I) ყოველდღიური მნიშვნელობები 2010 წლის ივლისის თვეში. თუ ამ გრაფიკს შევადარებთ ჰაერის ყოველდღიური მაქსიმალური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრის გრაფიკს თბილისისთვის იმავე თვეში (ნახ. 1.2.5) აღმოჩნდება, რომ მათი მსვლელობები ძირითადად იდენტურ ხასიათს ატარებს. მაგალითად, I დეკადაში ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის მაღალი მნიშვნელობებით მონაკვეთი კარგად ემთხვევა ΔT_{max} -ის მაღალი მნიშვნელობების მონაკვეთს. მომდევნო პერიოდში აღინიშნება I-ს მნიშვნელობების შემცირება, რაც ასევე ასახავს ΔT_{max} -ის მნიშვნელობების მსვლელობაშიც. ივლისის ბოლო პენტადში აღინიშნება I-ს მნიშვნელობების მკვეთრი მატება, შესაბამისად ამ პერიოდში $-\Delta T_{max}$ - ის მნიშვნელობებშიც აღინიშნება შესამჩნევი ზრდები. ივლისში I-ს მერყეობის ამპლიტუდა საკმაოდ მაღალია და 23.3 –ს შეადგენს.

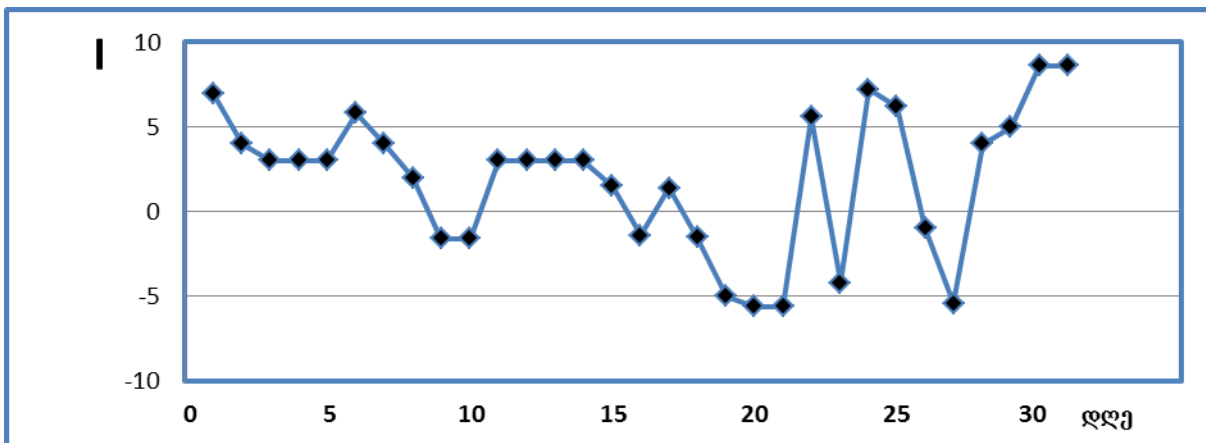


ნახ. 1.2.7 ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის (I) ყოველდღიური მნიშვნელობები (ივლისი, 2010).

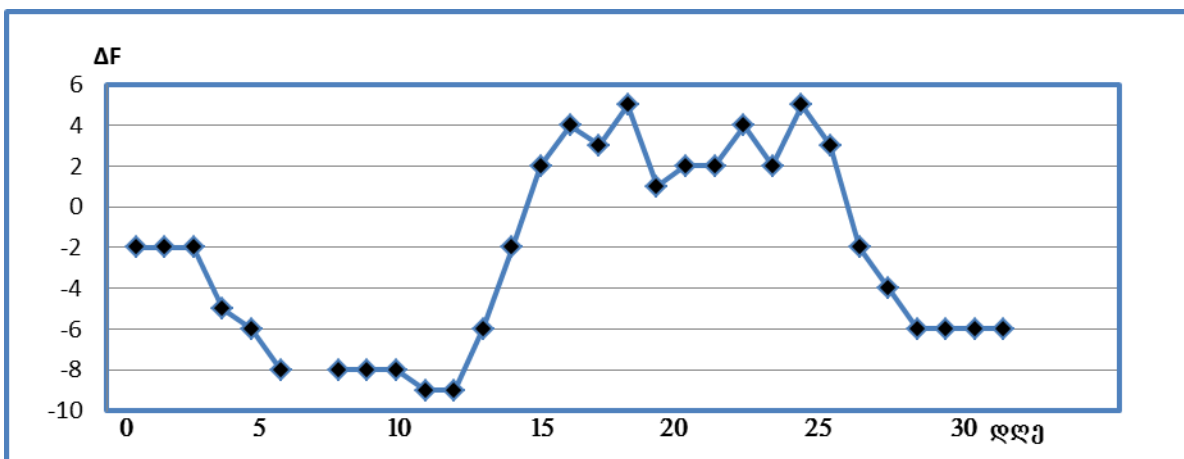
ნახ 1.2.8 წარმოდგენილია ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის (I) ყოველდღიური მნიშვნელობები 2010 წლის აგვისტოს თვეში. როგორც ამ გრაფიკიდან ჩანს, აგვისტოს პირველი 17 დღის განმავლობაში ძირითადად აღინიშნება I-ს დადებითი, მომდევნო 10 დღის განმავლობაში კი უმეტესად უარყოფითი მნიშვნელობები, ხოლო თვის ბოლო დღეებში ადგილი აქვს I-ს მკვეთრ მატებას. თუ ამ გრაფიკს შევადარებთ ჰაერის ყოველდღიური მაქსიმალური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრის გრაფიკს თბილისისთვის იმავე თვეში (ნახ. 1.2.6) აღმოჩნდება, რომ ისინი ძირითადად ასევე ერთნაირად ასახავენ პარამეტრების დროში მერყეობის სურათს, თუმცა დეტალებში მეტი განსხვავებით, ვიდრე ეს არის ივლისის თვეში. აგვისტოს თვეში I-ს მერყეობის ამპლიტუდა შედარებით ნაკლებია და 12.7-ს შეადგენს.

შეიძლება აღინიშნოს, რომ გაანალიზებული პერიოდის მანძილზე ევროპის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში, მათ შორის ამიერკავკასიაში, AT-500 ჰჰა-ზე დაიკვირვებოდა შედარებით სუსტი ცირკულაციური პროცესები, რისი დასტურიც არის ის, რომ არც ერთხელ არ ჰქონია ადგილი თბილი ან ცივი ჰაერის მასების

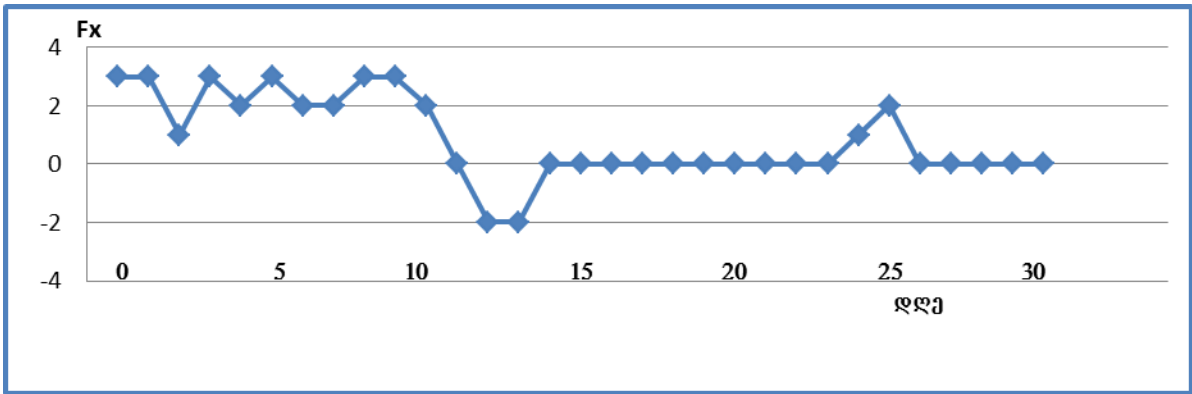
მკვეთრ შემოჭრას საქართველოს ტერიტორიაზე. ამას ადასტურებს ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსების შედარებით პატარა მნიშვნელობები, რომლებიც მთელი საკვლევი პერიოდის განმავლობაში მერყეობდნენ მხოლოდ 15.4-დან -7.9-მდე. მიუხედავად ამისა, განვითარებული ცირკულაციური პროცესები ხელსაყრელი აღმოჩნდა საქართველოში დათბობის პროცესის ჩამოყალიბებისა და მისი გაძლიერებისთვის. ამაში გადამწყვეტი როლი ითამაშა AT-500 ჰჰა-ზე ანტიციკლონური წარმონაქმნების ($\Delta F < 0$) მნიშვნელოვანმა სიჭარბემ, ციკლონურ წარმონაქმნებთან ($\Delta F > 0$) შედარებით. ეს გამოკვეთილად ჩანს ნახ. 1.2.9 და ნახ. 1.2.12-ზე წარმოდგენილ გრაფიკებზე. რაც შეეხება F_x , და F_y -ს, მათი მნიშვნელობები ბევრად უფრო მცირე აღმოჩნდა ვიდრე ΔF -ის მნიშვნელობები. გამონაკლისს შეადგენს მხოლოდ ივლისის თვის პირველი ნახევარი, როდესაც დაფიქსირებულია F_x -ის და F_y -ის საკმაოდ მაღალი მნიშვნელობები (ნახ. 10,11,13,14). აქ განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ სწორედ დროის ამ მონაკვეთშია დაფიქსირებული I-ს ყველაზე მაღალი მნიშვნელობები.



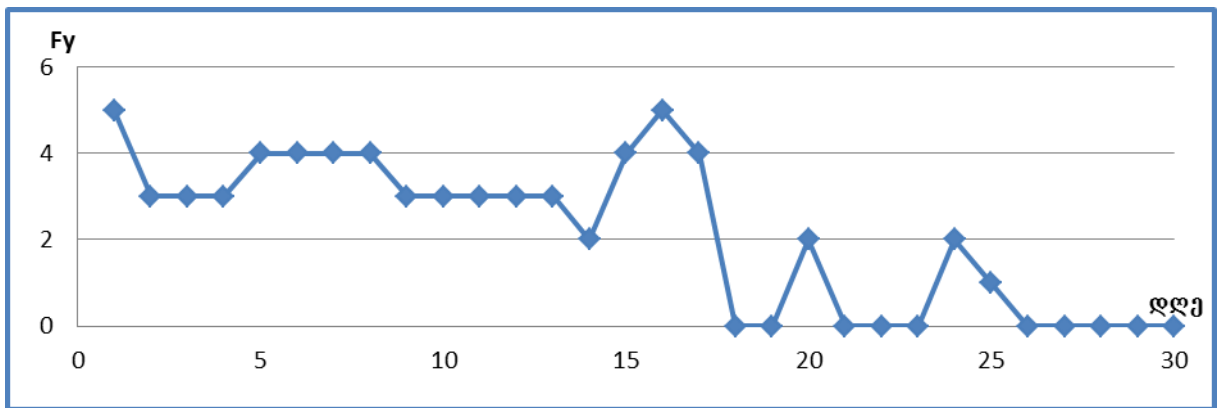
ნახ. 1.2.8. ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის (I) ყოველდღიური მნიშვნელობები (ავვისტო, 2010).



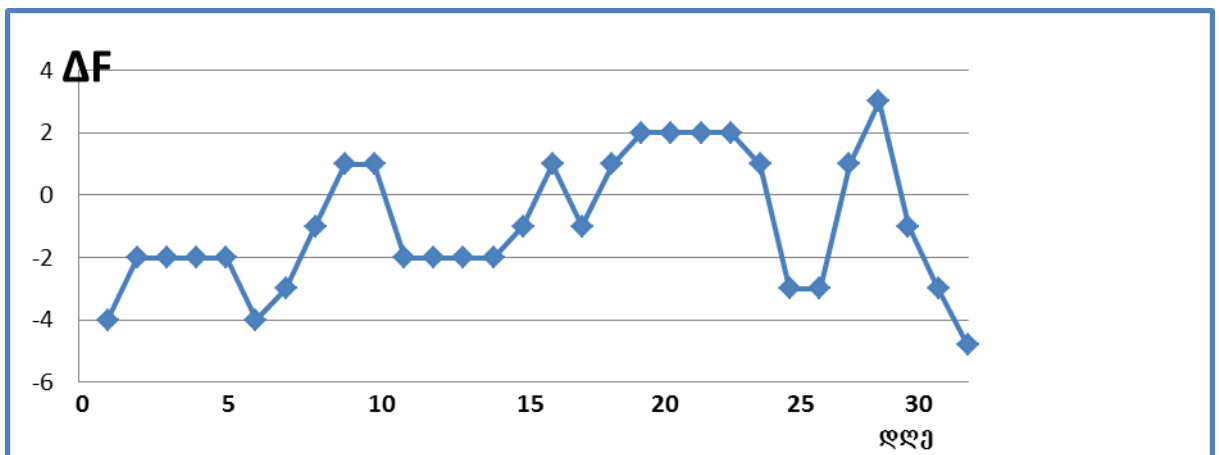
ნახ. 1.2.9 ციკლონური ($\Delta F > 0$) და ანტიციკლონური წარმონაქმნები ($\Delta F < 0$) AT-500 ჰჰა-ზე (სამხრეთი კავკასია, ივლისი, 2010).



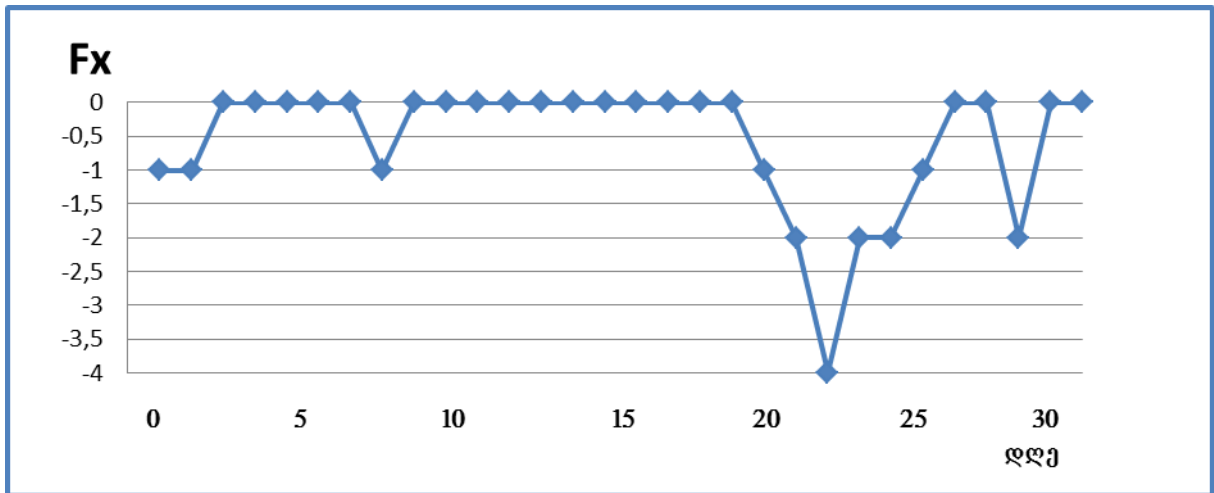
ნახ. 1.2.10 F_x - ჰერის გადატანის მერიდიანული მდგენელი AT-500 ჰპა-ზე (სამხრეთი კავკასია, ივლისი, 2010).



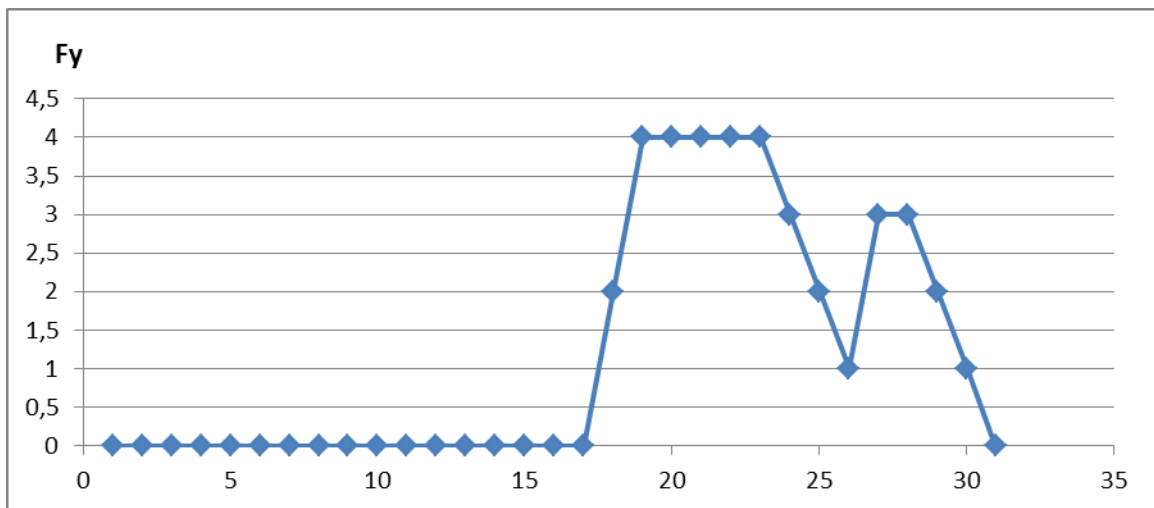
ნახ. 1.2.11. F_y -ჰერის გადატანის განედური მდგენელი AT-500 ჰპა-ზე (სამხრეთი კავკასია, ივლისი, 2010).



ნახ. 1.2.12. ციკლონური ($\Delta F > 0$) და ანტიციკლონური წარმონაქმნები ($\Delta F < 0$) AT-500 ჰპა-ზე (სამხრეთი კავკასია, აგვისტო, 2010).



ნახ. 1.2.13. F_x - ჰაერის გადატანის მერიდიანული მდგენელი AT-500 ჰპა-ზე (სამხრეთი კავკასია, აგვისტო, 2010).



ნახ. 1.2.14. F_y - ჰაერის გადატანის განედური მდგენელი AT-500 ჰპა-ზე (სამხრეთი კავკასია, აგვისტო, 2010).

მთლიანობაში ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გამოკვლეულ პერიოდში ფართომასშტაბიანი ცირკულაციური პროცესები სამხრეთ-აღმოსავლეთ ევროპაში AT-500 ჰპა რუკაზე გადავიდა ე.წ. დაქვეითებულ ინტენსივობის ფაზაში, რასაც უახლოეს პერიოდში უნდა მოჰყვეს ამიერკავკასიაში საშუალო ინტენსივობის სითბოსა და სიცივის კერების ხშირი მონაცვლეობა. ამავე დროს, ისიც უნდა გავითვალისწინოთ, რომ შემოდგომაზე კვლავ გააქტიურდება ნალექწარმოქმნელი პროცესები, რომლებიც, ბუნებრივია, საქართველოში ჩაივლიან აღნიშნული დათბობისა და აცივების ფონზე.

როგორც ვხედავთ, ჰაერის მაღალი ტემპერატურული ფონის ჩამოყალიბება საქართველოს ტერიტორიაზე 2010 წლის ივლის-აგვისტოში საკმაოდ კარგად არის ასახული ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსის გრაფიკებით. ძირითადად AT-500 ჰპა რუკებზე დაფიქსირებული ცირკულაციური პროცესები განსაზღვრავს ამინდის პირობების ჩამოყალიბებას რაც შეიძლება ადეკვატურად იქნას

ასახული ცირკულაციის ინდექსების საშუალებით და ბევრად უფრო აადვილებს და ობიექტურს ხდის ამ პროცესების ანალიზს.

1.3. ცირკულაციური პროცესების დინამიკის თავისებურებები საქართველოში ამინდის ექსტრემალური პირობების განვითარების დროს (2008-2010)

როგორც ზემოთ უკვე იყო აღნიშნული შემოთავაზებული ცირკულაციის ინდექსები (ΔF , F_x , F_y) გამოყენება მიზანშეწონილია ატმოსფეროში ფართომასშტაბური ცირკულაციური პროცესების ანალიზის მიზნით, კერძოდ კი ამ პროცესების დინამიკის დასადგენად. ეს უკანასკნელი კი ძალზე მნიშვნელოვანია ატმოსფეროში სითბოსა და სიცივის კერების დროში ცვალებადობის განსაზღვრისათვის ნებისმიერ ჩვენთვის საჭირო რეგიონში. რაც გადამწყვეტ როლს ასრულებს ამ რეგიონში ამინდის პირობების, და განსაკუთრებით, ექსტრემალური მოვლენების პროგნოზირებაში.

აღნიშნული მოვლენებით ქართველ მეცნიერთა დაინტერესებას დიდი ხნის ისტორია გააჩნია, თუმცა სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შესწავლის მიზნით ჩატარებული გამოკვლევების კონკრეტული შედეგების მიღება შესაძლებელი გახდა მხოლოდ პროგნოზირების სამსახურის პრაქტიკაში ბარიული ტოპოგრაფიის რუკების შემოღების შემდეგ. კერძოდ, გვალვიანი, ძლიერ ყინვიანი და უხვნალექიანი პერიოდების გამოკვლევის დროს გამოვლენილი იქნა მათი განმაპირობებელი სინოპტიკური პროცესების ზოგადი ხასიათი, როგორც მიწის ზედაპირზე, ისე შუა ტროპოსფეროში, მაღლივი დეფორმაციული ველის სტრუქტურა, მაღალი ფრონტალური ზონების განლაგება, ინტენსივობა და მათი კავშირი მიწისპირა პროცესებთან. დადგენილი იქნა აგრეთვე ოროგრაფიული პირობების (მძლავრი მთათა სისტემის არსებობა კავკასიის ტერიტორიაზე) როლი ფრონტალური ზედაპირის ფორმირებაში, ჰაერის მასების იძულებით აღმასვლაში, მათ ტრანსფორმაციაში და სხვ. [8]. აღნიშნულ შრომებში და შემდგომ გამოკვლევებში სინოპტიკურ-აეროლოგიური პროცესების გაანალიზების შედეგად დადგენილი იქნა, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში გვალვის დაწყება დაკავშირებულია ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე სტაციონარული ანტიციკლონის ჩამოყალიბებასთან, რომელიც წარმოადგენს აზორის მაქსიმუმის აღმოსავლეთით მიმართულ თხემში წარმოშობილ გაძლიერების სტადიაში მყოფ ბირთვის [9]. ისეთი სიტუაციის დროს, როდესაც აზორის ანტიციკლონის დასავლეთით თხემები საკმაოდ დაშორებულია კავკასიის ტერიტორიას, დედამიწის პირზე და ტროპოსფეროს ქვედა ფენებში აზორის ანტიციკლონის აღმოსავლეთით მიმართული თხემები ძლიერდება, ფართოვდება და იკავებს უკრაინის, რუსეთის ცენტრალურ და სამხრეთ რაიონებს, მთლიანად კავკასიას და ყაზახეთს. ასეთი ბარიული ველის შემთხვევაში თითქმის გამორიცხულია ჩრდილო-დასავლეთიდან ფრონტალური სისტემების გადმონაცვლება და ამიერკავკასიაში ანტიციკლონური არე იძენს სტაციონარულ მდგომარეობას.

ამავე ავტორთა მიერ ჩატარებული იქნა სინოპტიკურ-აეროლოგიური პროცესების ანალიზი 1948-1953 წწ. პერიოდში შერჩეულ 12 შემთხვევისათვის, როდესაც ძლიერმა ყინვებმა მოიცვა მთელი ამიერკავკასია, ან მისი მნიშვნელოვანი ნაწილი. ანალიზის დროს პროცესების ტიპიზაცია მიმდინარეობდა ძირითადად ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ცივი ჰაერის მასების შემოჭრის მიმართულების გათვალისწინებით. მკვლევართა მიერ დადგენილი იქნა, რომ ბუნებრივი სინოპტიკური პერიოდები ძლიერი ყინვებით

ამიერკავკასიაში ჩვეულებრივ მაშინ დგება, როდესაც არსებობს მაღალი დეფორმაციული ველის ციკლონებად გარდაქმნის შესაძლებლობა. ამ დროს (I ტიპი) მაღლივი ძლიერი თხემი მიმართული უნდა იქნას რუსეთის ჩრდილო რაიონებიდან კავკასიისაკენ, ხოლო მაღლივი ღარი პირინეის ნახევარკუნძულიდან სკანდინავიის ჩრდილოეთით, ან (II ტიპი) ხმელთაშუა ზღვის ცენტრალური რაიონებიდან სკანდინავიისა და ბარენცის ზღვის ჩრდილოეთით, ანდა სულაც (III ტიპი) მცირე აზიიდან შავი ზღვის გავლით ფინეთისაკენ. ამა თუ იმ ტიპის პროცესთა განვითარების შედეგად დამყარებული დაბალი ტემპერატურების რაოდენობრივი მახასიათებლები დამოკიდებულია პროცესთა შემოჭრის ინტენსივობასა და შემოჭრილი ჰაერის მასების თერმულ პირობებზე.

არანაკლებ საინტერესო სამუშაოებია ჩატარებული ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე უხვი ნალექების (დღეღამეში ≥ 30 მმ) განმაპირობებელი ცირკულაციური პროცესების შესწავლის მიზნით [10,11,12] მიუხედავად შედარებით ხანმოკლე მასალებზე ჩატარებული კვლევებისა (1948-1953 წწ.). ამ მიმართულებით მეტად მნიშვნელოვანი შედეგები იქნა მიღებული. კერძოდ, კომპლექსური დაკვირვებების საფუძველზე გეოგრაფიული მდებარეობის, რელიეფის სირთულის, მაღალი დეფორმაციული ველის სტრუქტურის თავისებურებათა გათვალისწინებით გამოვლენილი და კლასიფიცირებულ იქნა ის აეროსინოპტიკური პროცესები, რომლებიც განაპირობებენ საქართველოს ტერიტორიაზე უხვი ნალექების წარმოქმნას. მეტ-ნაკლები საიმედოობით დამუშავებული იქნა პროგნოზის მეთოდიკა.

როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, განხილულ სამუშაოებში ძირითადი აქცენტი კეთდებოდა ცალკეული სტიქიური მოვლენების განვითარების მომენტში არსებული აეროსინოპტიკური პროცესების აღწერასა და ტიპიზაციაზე, მაგრამ არ განიხილებოდა პროცესების დინამიკა და მათი რაოდენობრივი მახასიათებლები. ეს კი რამდენადმე ზღუდავს მიღებული შედეგების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობას ამ მოვლენების პროგნოზირებისა და ცირკულაციური პროცესების მახასიათებელი ტრენდების გამოვლენაში, რასაც უკანასკნელ პერიოდში საქართველოში დაფიქსირებული ტემპერატურული ველის მერყეობის ხასიათის დასადგენად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

კომპიუტერული ტექნიკის განვითარების კვალობაზე ამინდის ექსტრემალური პირობების განვითარების დროს ცირკულაციური პროცესების მახასიათებელი ტრენდების გამოსაგვლენად და მათი რაოდენობრივი შეფასებისთვის შესაძლებელი გახდა ზემოთხსენებული ცირკულაციის ინდექსების გამოყენება. ქვემოთ მოცემულია საქართველოში 2008 წლის ექსტრემალურად ცივი იანვრისა და ცხელი და მშრალი აგვისტოს თვეების ცირკულაციურ თავისებურებათა ანალიზი ამ ინდექსების გამოყენებით.

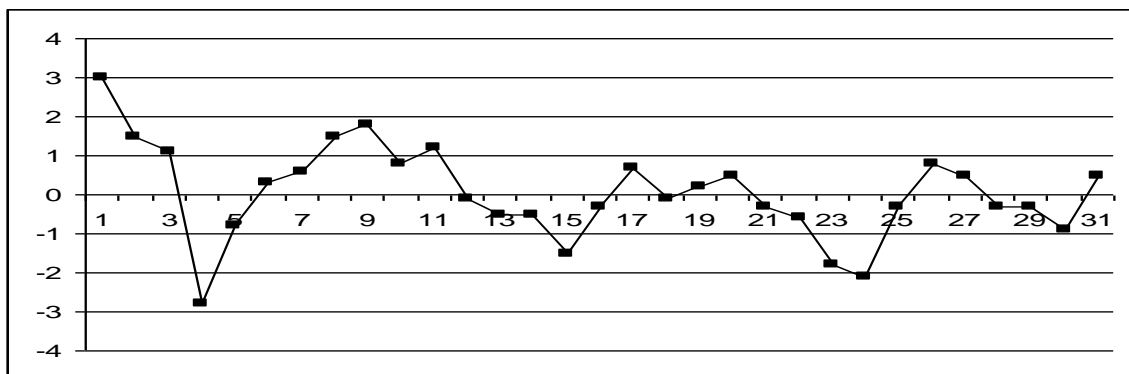
2008 წლის იანვარი საქართველოს ტერიტორიაზე საკმაოდ ცივი აღმოჩნდა, ხშირად აღინიშნებოდა დღეები თოვლის მოსვლით, რომელთა საერთო რაოდენობამ, მაგალითად, თბილისში 13-ს გადააჭარბა. ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის კლიმატური საშუალოდან უარყოფითმა გადახრამ თბილისში – 3°C -მდე მიაღწია, რაც უკანასკნელი წლების განმავლობაში იანვრის თვისთვის საკმაოდ მნიშვნელოვანი აცივების მაჩვენებელია

ჩვენს მიერ გამოკვლეულ იქნა, თუ როგორი ფართომასშტაბიანი ატმოსფერული ცირკულაციური პროცესების განვითარების ფონზე ყალიბდებოდა საქართველოში 2008 წლის ცივი იანვარი, რისთვისაც განხორციელდა ცირკულაციური ინდექსების გამოთვლა. ამისათვის გამოყენებული იქნა AT-500 ჰპი-ის ყოველდღიური რუკების მონაცემები. ΔF , F_x , F_y

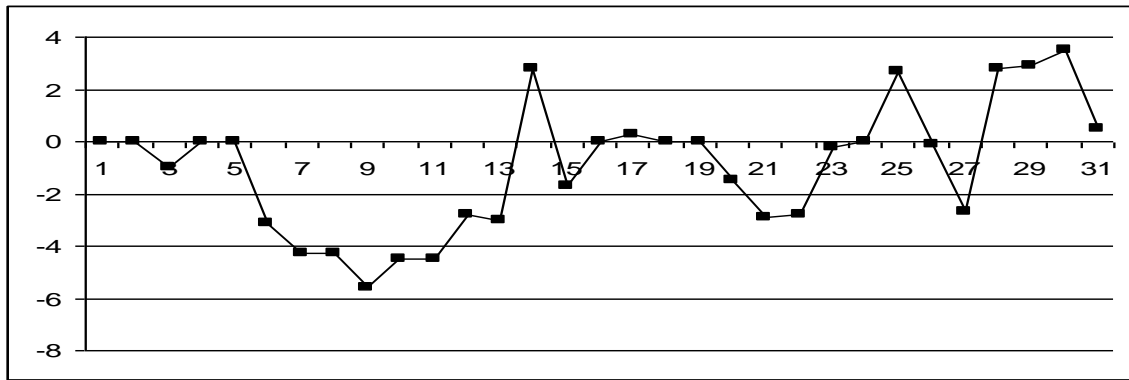
ინდექსების საშუალებით AT-500 კპა-ს დონეზე (ტროპოსფეროს შუა ფენა ~ 5.5 კმ) ამიერკავკასიის ცენტრალური ნაწილის მიმართ განისაზღვრებოდა ატმოსფერული ცირკულაციის ფორმა და ინტენსივობა შემდეგი წარმონაქმნებისთვის: ციკლონური ველი ($\Delta F > 0$) და ანტიციკლონური ველი ($\Delta F < 0$). აგრეთვე ჰაერის მასების გადაადგილების ინტენსივობა ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ ($F_x < 0$), სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ ($F_x > 0$), დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ ($F_y > 0$) და აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ ($F_y < 0$). ვინაიდან, ინდექსების გამოთვლის დროს საწყისი მონაცემები აიღება მართკუთხა ბადის 25 წერტილში (ნახ. 1.2), ჰორიზონტალური ბიჯით 500 კმ, ამიტომ გამოთვლის შედეგები ასახავენ ΔF , F_x , F_y ინდექსების გასაშუალებულ მნიშვნელობებს საკმაოდ დიდ ტერიტორიაზე, ზომით 2000 კმ x 2000 კმ (4×10^6 კმ²). ამრიგად, როგორც ვხედავთ, ჩვენ ვაფიქსირებთ ფართომასშტაბური ატმოსფერული ცირკულაციური პროცესების ამსახველი ინდექსების მნიშვნელობებს, რასაც პრინციპული მნიშვნელობა გააჩნია. საქმე იმაში მდგომარეობს, რომ სწორედ ფართომასშტაბიანი ცირკულაციური პროცესები თამაშობენ გადამწყვეტ როლს რეგიონალური ამინდის პირობების გრძელვადიან ჩამოყალიბებაში.

ნახაზზე 1.3.1-ზე წარმოდგენილია ΔF , F_x , F_y ინდექსების გრაფიკები 2008 წლის იანვრის თვეში. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ტროპოსფეროს შუა ფენაში (AT-500 კპა) იანვარში ადგილი ჰქონდა ციკლონური და ანტიციკლონური ბარიული ველების საკმაოდ მკაფიოდ გამოხატულ მონაცვლეობას. ციკლონური ველის ზემოქმედება აღინიშნა 4-ჯერ: 1-3, 7-12, 17-21 და 26-27 იანვარს. მათგან ძლიერი იყო 1-3 და 7-12 იანვრის ზემოქმედებები, შედარებით სუსტი კი 17-21 იანვრის ზემოქმედება და ძალიან სუსტი 26-27 იანვრის ზემოქმედება. ანტიციკლონური ველის ზემოქმედებას ამიერკავკასიაზე 2008 წლის იანვრის თვეში ასევე ადგილი ჰქონდა 4-ჯერ: 4-5, 12-16, 21-25 და 28-30 იანვარს. მათ შორის ყველაზე ინტენსიური იყო 4-5 იანვრის ზემოქმედება, ყველაზე ხანგრძლივი კი 12-16 იანვრის ზემოქმედება.

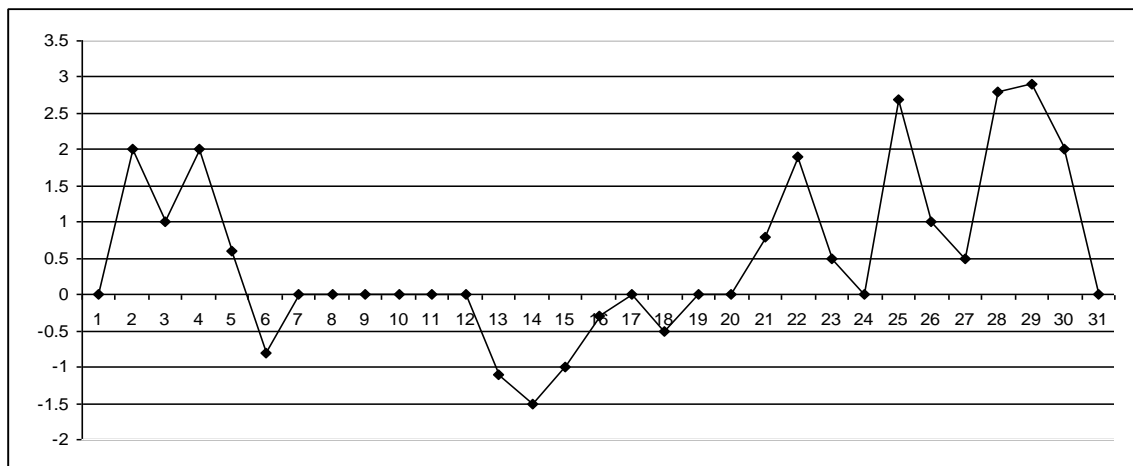
ა) ΔF (წმ-1)



ბ) F_x (მ/წმ)



გ) F_y (მ/წმ)



ნახ. 1.3.1. $\Delta F, F_x, F_y$ ინდექსების გრაფიკები 2008 წლის იანვრის თვეში

საერთო ჯამში ციკლონურ და ანტიციკლონურ ზემოქმედებათა რაოდენობა თვის განმავლობაში საკმაოდ თანაბრად განაწილებული. ამასთან უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ზემოქმედებათა ინტენსივობა მაღალი მნიშვნელობებით არ გამოირჩეოდა, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე 2008 წლის იანვრის თვეში სიცივის ჩამოყალიბებაში ატმოსფერული ცირკულაციის ამ ინდექსს გადამწყვეტი როლი არ ეკუთვნის. თუმცა გასაგებია, რომ დანარჩენი ორი ინდექსის (F_x, F_y) მნიშვნელობები ΔF -ის მნიშვნელობასთან მჭიდრო კავშირშია.

ნახ. 1.3.1-ზე წარმოდგენილი F_x -ის გრაფიკიდან კარგად ჩანს, რომ ამიერკავკასიის თავზე ტროპოსფეროს შუა ფენაში 2008 წლის იანვრის თვეში საკმაოდ ხანგრძლივად აღინიშნებოდა ჰაერის მასების მოძრაობა ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ ($F_x < 0$). ამასთან, მოძრაობა ხშირად გამოირჩეოდა მნიშვნელოვანი ინტენსივობითაც ($F_x < -3$). რაც შეეხება დღეთა საერთო რაოდენობას ჰაერის მასების მოძრაობით ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ, მათმა რიცხვმა 17-ს მიაღწია, ხოლო დღეთა რიცხვი ჰაერის მასების მოძრაობით სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ მხოლოდ 7 დაფიქსირდა. ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ F_x ინდექსის მსვლელობა საკმაოდ დამაჯერებლად ხსნის საქართველოს ტერიტორიაზე 2008 წლის იანვარში სიცივის ჩამოყალიბების მიზეზს. კერძოდ, ეს მიზეზი მდგომარეობს ტროპოსფეროს შუა ფენაში ცივი ჰაერის მასების ხანგრძლივ მოძრაობაში ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ.

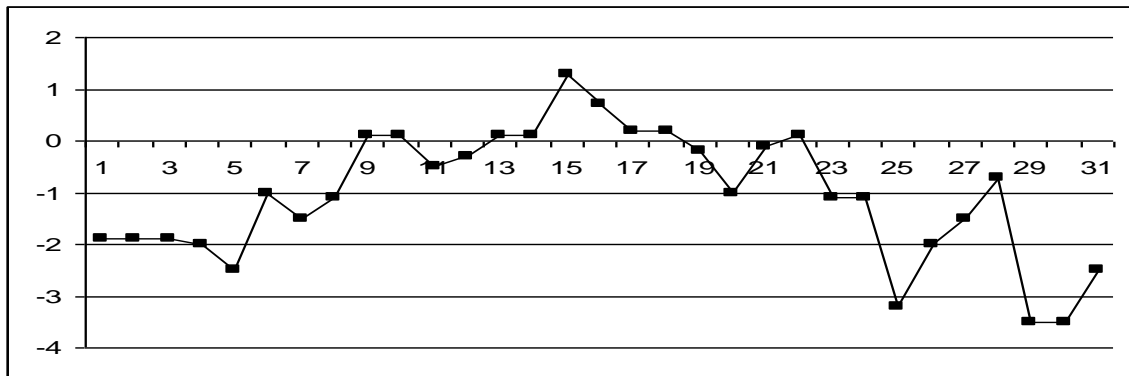
საყურადღებოა F_y -ის გრაფიკიც. როგორც ნახ. 1.3.1- დან ჩანს 5-დან 20 იანვრამდე ტროპოსფეროს შუა ფენაში ამიერკავკასიის თავზე ბლოკირებული

იყო ჰაერის მასების მოძრაობის დასავლეთის მდგენელი ($F_y \leq 0$) და მხოლოდ თვის ბოლოს აღინიშნა ჰაერის მასების გადაადგილების დასავლეთის მდგენელის გაძლიერება ($F_y > 0$). აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ ჰაერის მასების გადაადგილების დასავლეთის მდგენელის გააქტიურება, როგორც წესი, ხელს უწყობს თბილი ჰაერის გავრცელებას მოცემულ რეგიონში. ამრიგად, თუ შევადარებთ F_x -სა და F_y -ის გრაფიკებს აღმოჩნდება, რომ F_y -ის გრაფიკიც აფიქსირებს იმ გარემოებას, რომ ამიერკავკასიის თავზე ძირითადად აგრეთვე აღინიშნებოდა ჰაერის მასების მოძრაობა მხოლოდ ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ, რაც საბოლოო ჯამში კიდევაც აისახა საქართველოში დაბალი ტემპერატურების ჩამოყალიბებაზე.

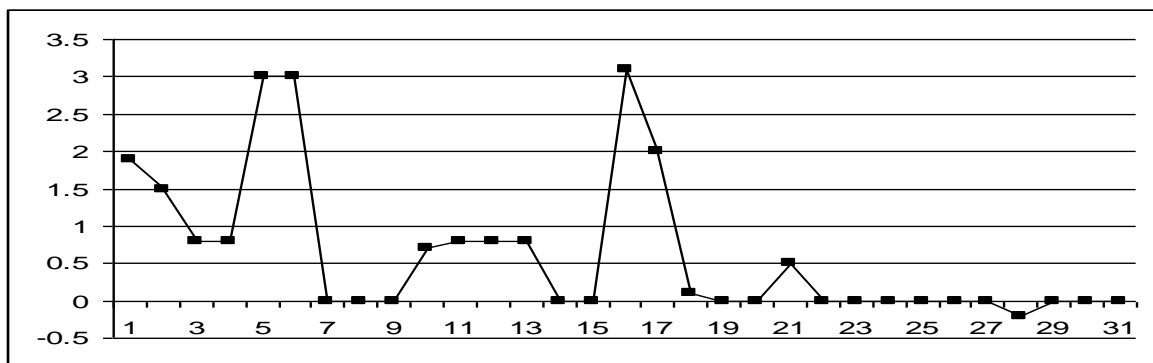
2008 წლის აგვისტოს თვეში პირიქით, საქართველოში დაფიქსირდა ჰაერის ტემპერატურის ნორმიდან მნიშვნელოვანი დადებითი გადახრა, რასაც თან ახლდა მცირენალექიანობაც. ამრიგად, აგვისტოში სახეზე იყო გვალების პირობები. ნახ. 1.3.2-ზე მოცემულია, ΔF , F_x , F_y ინდექსების გრაფიკები 2008 წლის აგვისტოში. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს 2008 წლის აგვისტოში ამიერკავკასიის თავზე ტროპოსფეროს შუა ფენაში დღეთა განმეორადობა ანტიციკლონური ველით ($\Delta F < 0$) მნიშვნელოვნად ჭარბობს დღეთა განმეორადობას ციკლონური ბარიული ველით ($\Delta F > 0$). მათი რაოდენობა პირველ შემთხვევაში 22-ის, ხოლო მეორე შემთხვევაში 9-ის ტოლია. ამრიგად, 2008 წლის აგვისტოს თვეში ტროპოსფეროს შუა ფენაში ამიერკავკასიის თავზე ბლოკირებული აღმოჩნდა მაღლივი ციკლონური ველის მოძრაობა, რასაც მოჰყვა აქ ანტიციკლონური ბარიული ველის გაბატონება. სწორედ ამის შედეგი გახდა ცხელი და მშრალი ამინდის პირობების ჩამოყალიბება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე და მათ შორის საქართველოში. შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის შესახებ, რომ 2008 წლის აგვისტოს თვეში საქართველოში ცხელი და მშრალი ამინდის ჩამოყალიბებაში გადამწყვეტი როლი ითამაშა ტროპოსფეროს შუა ფენაში ანტიციკლონური ბარიული ველის უპირატესმა განვითარებამ, რაც ბლოკირებას ახდენდა მიწისპირა ფენაში ციკლონური წარმონაქმნების გადაადგილებას საქართველოსკენ. მათი რაოდენობა პირველ შემთხვევაში 22-ის, ხოლო მეორე შემთხვევაში 9-ის ტოლია. ამრიგად, 2008 წლის აგვისტოს თვეში ტროპოსფეროს შუა ფენაში ამიერკავკასიის თავზე ბლოკირებული აღმოჩნდა მაღლივი ციკლონური ველის მოძრაობა, რასაც მოჰყვა აქ ანტიციკლონური ბარიული ველის გაბატონება. სწორედ ამის შედეგი გახდა ცხელი და მშრალი ამინდის პირობების ჩამოყალიბება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე და მათ შორის საქართველოში. შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის შესახებ, რომ 2008 წლის აგვისტოს თვეში საქართველოში ცხელი და მშრალი ამინდის ჩამოყალიბებაში გადამწყვეტი როლი ითამაშა ტროპოსფეროს შუა ფენაში ანტიციკლონური ბარიული ველის უპირატესმა განვითარებამ, რაც ბლოკირებას ახდენდა მიწისპირა ფენაში ციკლონური წარმონაქმნების გადაადგილებას საქართველოსკენ.

ნახ. 1.3.2-ზე წარმოდგენილი გრაფიკებიდან ნათლად ჩანს, რომ 2008 წლის აგვისტოს თვეში ამიერკავკასიის თავზე მხოლოდ ერთხელ (28 აგვისტოს) აღინიშნა ჰაერის მასების გადაადგილება ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ, ხოლო დანარჩენ შემთხვევაში კი ჰაერის მასები მოძრაობდნენ სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ ან დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ.

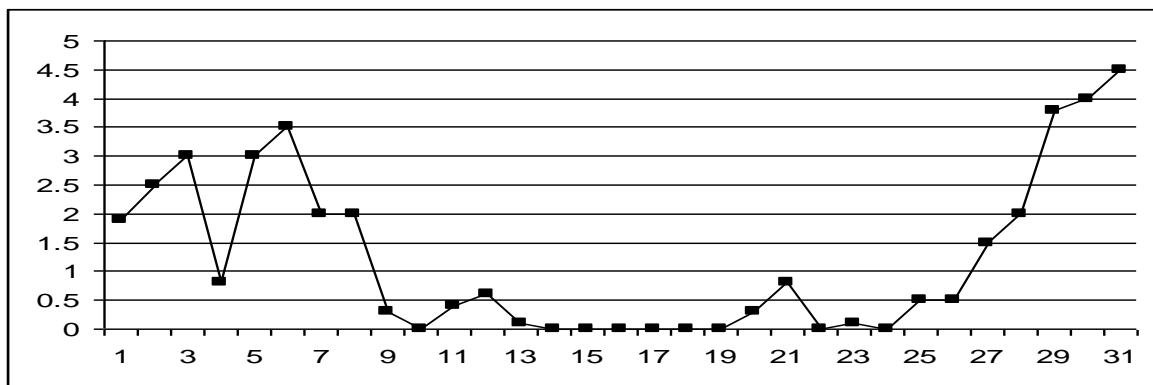
ა) ΔF (წმ⁻¹)



ბ) F_x (მ/წმ)



გ) F_y (მ/წმ)

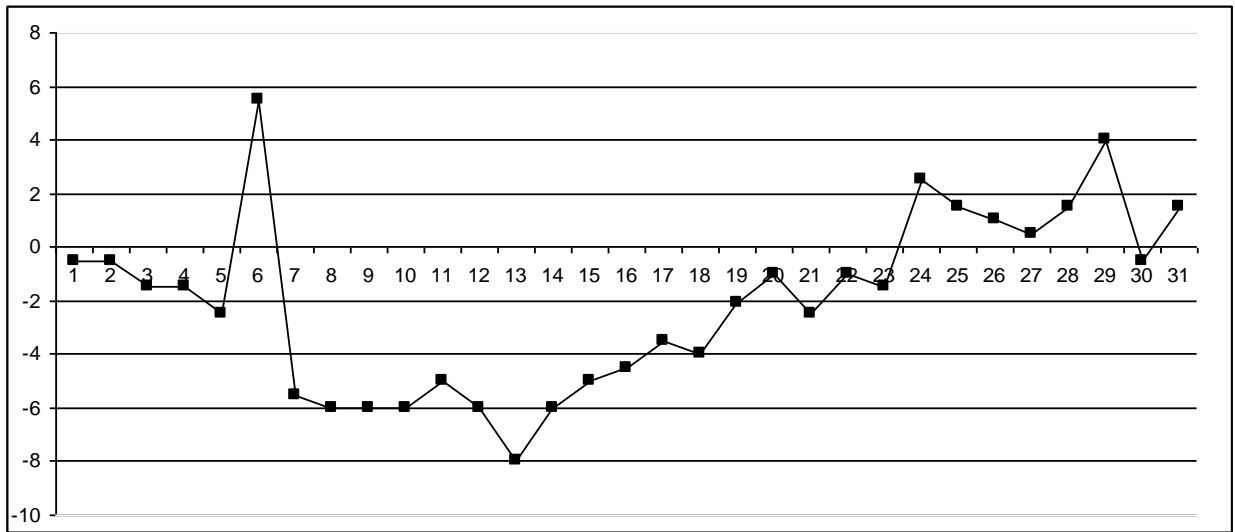


ნახ. 1.3.2 ΔF , F_x , F_y ინდექსების გრაფიკები 2008 წლის აგვისტოს თვეში

ნახ. 1.3.3-ზე მოცემულია ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრის მსვლელობა ქ. თბილისში 2008 წლის იანვარში. გრაფიკიდან ნათლად ჩანს, რომ იანვარში კავკასიის რეგიონში ციკლონური ველის პირველი შემოჭრიდან (4-5 იანვარი), რაც დაფიქსირებულია ΔF -ის მსვლელობაში (ნახ.1.3.1), თბილისში საკმაოდ ხანგრძლივად აცივდა. ამ პერიოდში ტროპოსფეროს შუა ფენაში ამიერკავკასიის თავზე ჩამოყალიბებული იყო ჰაერის მასების ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ მოძრაობის ტენდენცია, რაც ასევე კარგად ჩანს F_y -ის გრაფიკიდან (ნახ. 1.3.1). მხოლოდ იანვრის თვის მესამე დეკადაში საქართველოში, დაიწყო დათბობა, როდესაც ტროპოსფეროს შუა

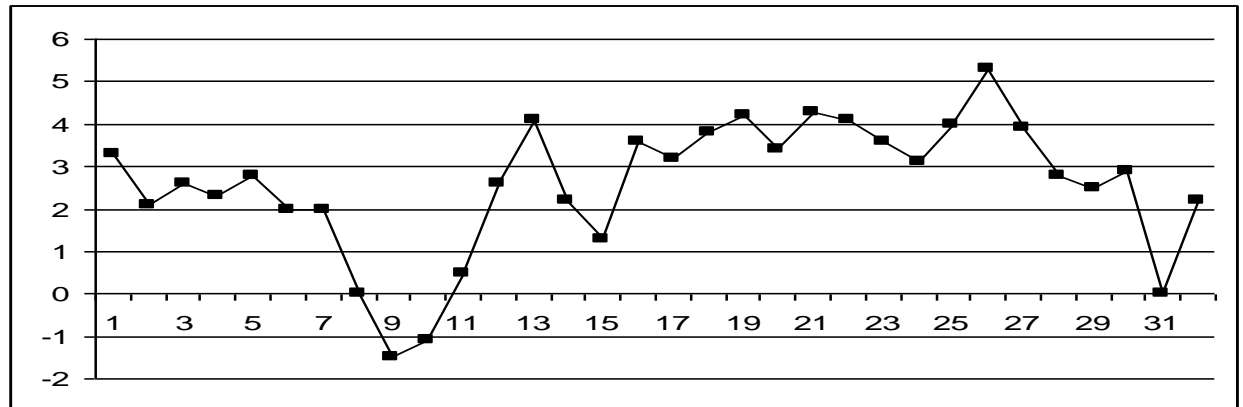
ფენაში საკმაოდ ხშირად აღინიშნებოდა ჰაერის მასების მოძრაობა სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ.

ა) $\Delta T^{\circ} C$



ბ) ΔT°

C



ნახ. 1.3.3 ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრის მსვლელობა ქ. თბილისში 2008 წლის იანვარსა (ა) და აგვისტოში (ბ)

ნახ. 1.3.3-ზე წარმოდგენილია აგრეთვე ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის ნორმიდან გადახრის მსვლელობა ქ. თბილისში 2008 წლის აგვისტოს თვეში. ეს შემთხვევა გამოირჩევა იმით, რომ თბილისში თითქმის მთელი აგვისტოს განმავლობაში (გარდა 9-10 აგვისტოსი) დაიკვირვებოდა ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი გადახრა (ხშირად მნიშვნელოვანიც). ეს საკმაოდ ანომალური შემთხვევაა და მჭიდროდაა დაკავშირებული ცირკულაციის ფაქტორთან, რაც დაფიქსირებულია ინდექსების მნიშვნელობებითაც (ნახ. 1.3.2). როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, 2008 წლის აგვისტოს თვეში ამიერკავკასიაზე გაბატონებული იყო ΔF -ის უარყოფითი მნიშვნელობები, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ ამიერკავკასიაზე ტროპოსფეროს შუა ფენაში ცირკულაციური პროცესების განმსაზღვრელი იყო ანტიციკლონური ველი. ეს კი ზაფხულის თვეებში ძირითადი პირობაა მიწისპირა ფენაში ცხელი და მშრალი ამინდების ჩამოსაყალიბებლად. აღვნიშნავთ აგრეთვე იმასაც, რომ აგვისტოში თითქმის ადგილი არ ჰქონია ჰაერის მასების მოძრაობას

ტროპოსფეროს შუა ფენაში ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ (ნახ 1.3.2), რასაც შეიძლება გამოეწვიოს ჰაერის ტემპერატურის დაწვევა საქართველოს ტერიტორიაზე.

ცხრ. 1.3.1-ში მოცემულია ამინდის ექსტრემალური პირობების მახასიათებლების შემაჯამებელი მნიშვნელობები 2008 წლის იანვარსა და აგვისტოში. როგორც ცხრილიდან ჩანს თბილისში 1-23 იანვარს ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის უარყოფითმა გადახრამ ნორმიდან $-3,7^{\circ}\text{C}$, ხოლო 1-31 აგვისტოს დადებითმა გადახრამ $2,7^{\circ}\text{C}$ შეადგინა.

საზგასმით უნდა ითქვას, რომ ცირკულაციის ინდექსების მნიშვნელობები ამ ორი პერიოდისათვის ერთმანეთისაგან ძალიან განსხვავდებიან. იანვარში $\Delta F=0.17$ -ს, ხოლო აგვისტოში $\Delta F=-1.04$, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ იანვარში ამიერკავკასიის თავზე ტროპოსფეროში დაიკვირვებოდა სუსტი ციკლონური ველი. აგვისტოში კი ძლიერი ანტიციკლონური ველი. რაც შეეხება ჰაერის მასების მოძრაობას, იანვარში აღინიშნებოდა მნიშვნელოვანი ჩრდილოეთის ($F_x = -1.94$) და სუსტი დასავლეთის ($F_y = 0.16$) მდგენელი, ხოლო აგვისტოში ზომიერი სამხრეთის ($F_x=0.63$) და ძლიერი დასავლეთის ($F_y= 1.23$) მდგენელი.

ცხრილი 1.3.1. 2008 წლის იანვრისა და აგვისტოს ამინდის ექსტრემალური პირობების მახასიათებლები

პროცესის დასაწყისი	პროცესის დასასრული	ხანგრძლივობა (დღე)	საშ. დღეღამური ტემპერატურა ($^{\circ}\text{C}$)	გადახრა ნორმიდან $\Delta T(^{\circ}\text{C})$	ინდექსის საშუალო მნიშვნელობა (AT-500 ჰპა)			პროცესის დახასიათება
					ΔF წმ^{-1}	F_x მ/წმ	F_y მ/წმ	
01.01.08	23.01.08	23	-2.3	-3.7	0.17	-1.94	0.16	სიცივის ტალღა
01.08.08	31.08.08	31	26.7	2.7	-1.04	0.63	1.23	სითბოს ტალღა

ცირკულაციის ინდექსების ყოველდღიური მნიშვნელობები 2008 წლის იანვარსა და აგვისტოში მოცემულია ცხრილში 1.3.2, ხოლო საშუალო დღეღამური ტემპერატურის გადახრა ნორმიდან – ცხრილში 1.3.3. როგორც ვხედავთ, საქართველოს ტერიტორიაზე ჰაერის ტემპერატურის ნორმიდან მნიშვნელოვანი უარყოფითი გადახრის პერიოდები ემთხვევა დროის იმ მონაკვეთებს, როდესაც ამიერკავკასიის თავზე ტროპოსფეროს შუა ფენაში გააქტიურებული იყო ჰაერის მასების მოძრაობის ჩრდილოეთის მდგენელი, ხოლო დადებითი გადახრის პერიოდები ემთხვევა დროის იმ მონაკვეთებს, როდესაც ჰაერის მასები გადაადგილდებოდნენ სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ ან დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ, რაც საკმაოდ მკაფიოდაა გამოსახული F_x -ისა და F_y -ის გრაფიკების საშუალებით (ნახ. 1.2.1 ბ-გ და 1.2.2 ბ-გ). რაც შეეხება ციკლონური ($\Delta F>0$) და ანტიციკლონური ($\Delta F<0$) ფორმის ცირკულაციური წარმონაქმნების მსვლელობების კავშირს ჰაერის ტემპერატურის ნორმიდან გადახრასთან, აქ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ ამ წარმონაქმნების რომელი სექტორით ხორციელდება ზემოქმედება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე. მაგალითად, 2008 წლის იანვრის თვეში ხშირი იყო ციკლონური წარმონაქმნების ($\Delta F>0$) ზურგიით ნაწილში განვითარებული ჩრდილოეთის დენების ($F_x<0$)

ზემოქმედება ამიერკავკასიაზე, ხოლო აგვისტოს თვეში ანტიციკლონური ველის ფონზე განვითარებული სამხრეთისა და დასავლეთის დენების ($F_x > 0$, $F_y > 0$) ზემოქმედებები.

ამრიგად, ინდექსების ΔF , F_x , F_y გამოთვლა შესაძლებლობას გვაძლევს დავაფიქსიროთ ფართომასშტაბიანი ცირკულაციის კომპლექსური პირობები, რომლებიც განაპირობებენ საქართველოს ტერიტორიაზე ტემპერატურული ანომალიების ჩამოყალიბებას, აგრეთვე დავადგინოთ ამ ანომალიების ტრენდული ხასიათის კავშირი აღნიშნული ინდექსების დინამიკასთან.

ცხრილი 1.3.2 ცირკულაციის ინდექსების მნიშვნელობები სამხრეთ კავკასიის თავზე (AT-500 პპა) 2008 წლის იანვარსა და აგვისტოში

რიცხვი	იანვარი			აგვისტო		
	ΔF	F_x	F_y	ΔF	F_x	F_y
1	3,0	0,0	0,0	-1,9	1,9	1,9
2	1,5	0,0	2,0	-1,9	1,5	2,5
3	1,1	-1,0	1,0	-1,9	0,8	3,0
4	-2,8	0,0	2,0	-2,0	0,8	0,8
5	-0,8	0,0	0,6	-2,5	3,0	3,0
6	0,3	-3,1	-0,8	-1,0	3,0	3,5
7	0,6	-4,3	0,0	-1,5	0,0	2,0
8	1,5	-4,3	0,0	-1,1	0,0	2,0
9	1,8	-5,6	0,0	0,1	0,0	0,3
10	0,8	-4,5	0,0	0,1	0,7	0,0
11	1,2	-4,5	0,0	-0,5	0,8	0,4
12	-0,1	-2,8	0,0	-0,3	0,8	0,6
13	-0,5	-3,0	-1,1	0,1	0,8	0,1
14	-0,5	-2,8	-1,5	0,1	0,0	0,0
15	-1,5	-1,7	-1,0	1,3	0,0	0,0
16	-0,3	0,0	-0,3	0,7	3,1	0,0
17	0,7	0,3	0,0	0,2	2,0	0,0
18	-0,1	0,0	-0,5	0,2	0,1	0,0
19	0,2	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0
20	0,5	-1,5	0,0	-1,0	0,0	0,3
21	-0,3	-2,9	0,8	-0,1	0,5	0,8
22	-0,6	-2,8	1,9	0,1	0,0	0,0
23	-1,8	-0,2	0,5	-1,1	0,0	0,1
24	-2,1	0,0	0,0	-1,1	0,0	0,0
25	-0,3	2,7	2,7	-3,2	0,0	0,5
26	0,8	-0,1	1,0	-2,0	0,0	0,5
27	0,5	-2,7	0,5	-1,5	0,0	1,5
28	-0,3	2,8	2,8	-0,7	-0,2	2,0
29	-0,3	2,9	2,9	-3,5	0,0	3,8
30	-0,9	3,5	2,0	-3,5	0,0	4,0
31	0,5	0,5	0,0	-2,5	0,0	4,5

ცხრილი 1.3.3. პაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის გადახრა ნორმიდან 2008 წლის იანვარსა და აგვისტოში

რიცხვი	იანვარი	აგვისტო
1	-0,5	3,3
2	-0,5	2,1
3	-1,5	2,6
4	-1,5	2,3
5	-2,5	2,8
6	-5,5	2,0
7	-5,5	2,0
8	-6,0	0,0
9	-6,0	-1,5
10	-6,0	-1,1
11	-5,0	0,5
12	-6,0	2,6
13	-8,0	4,1
14	-6,0	2,2
15	-5,0	1,3
16	-4,5	3,6
17	-3,5	3,2
18	-4,0	3,8
19	-2,1	4,2
20	-1,0	3,4
21	-2,5	4,3
22	-1,0	4,1
23	-1,5	3,6
24	2,5	3,1
25	1,5	4,0
26	1,0	5,3
27	0,5	3,9
28	1,5	2,8
29	4,0	2,5
30	-0,5	2,9
31	1,5	2,2

გლობალური დათბობის შედეგად ამიერკავკასიის თავზე მიმდინარე ცირკულაციური პროცესების დინამიკაში შესაძლო ტრანსფორმაციის შესაფასებლად საჭიროა აღნიშნული ინდექსების გამოთვლა დროის სხვადასხვა პერიოდებში შერჩეული სინოპტიკური სიტუაციებისთვის ბოლო 50-60 წლის მანძილზე.

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დაცული იყო 1990-იან წლებამდე არსებული საწყისი აეროსინოპტიკური მასალები, რომლებიც ნაწილობრივ განადგურდა ბოლო წლებში განვითარებული მოვლენების შედეგად. ამიტომ 1950-იანი წლების შემდეგ ინდექსების საშუალებით ცირკულაციური პროცესების დინამიკის რაოდენობრივი შეფასება ჩვენს პირობებში ამჟამად შეუძლებელია, თუმცა ამ ამოცანის დაძლევა პრინციპში შესაძლებელია მსოფლიო

მეტეოროლოგიური ცენტრებიდან სათანადო საწყისი მასალების მოპოვების შემთხვევაში. თანამედროვე კომპიუტერული ტექნიკა საშუალებას იძლევა ეს მონაცემები დამუშავდეს არსებული ალგორითმის საფუძველზე სპეციალურად შედგენილი პროგრამის მიხედვით, რის შედეგადაც შესაძლებელი იქნება კლიმატის ცვლილების ზეგავლენის შეფასება ევროპის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში მიმდინარე სინოპტიკური მასშტაბის ცირკულაციურ პროცესებზე.

1.5 ძირითადი შედეგები

1. გლობალურმა დათბობამ უკვე გამოიწვია გარკვეული ცვლილებები ატმოსფეროს ცირკულაციურ პროცესებში. კერძოდ. ეს გამოიხატა ორივე ნახევარსფეროს საშუალო განედებში დასავლეთის ქარების მაქსიმუმების გაძლიერებაში თითქმის ყველა სეზონის განმავლობაში. ატლანტიკისა და სამხრეთის პოლარულ ფრონტებთან დაკავშირებულმა ჭავლურმა ნაკადებმა გადაინაცვლა შესაბამისი პოლუსების მიმართულებით. დასავლეთის ქარების გაძლიერების ფონზე ტროპოსფეროსა და ქვედა სტრატოსფეროში გაძლიერდა ზამთრის პოლარული გრიგალები.
2. 1970-იანი წლების შუა პერიოდიდან მოყოლებული, ელ-ნინოს თბილი ეპიზოდების რიცხვმა შესამჩნევად იმატა ცივი ეპიზოდების (ელ-ნინია) რიცხვთან შედარებით. ამან გამოიწვია წყნარი და ატლანტიკის ოკეანის ჩრდილო სექტორებში, ინდოეთისა და წყნარი ოკეანის სამხრეთ-დასავლეთის სექტორებში ძლიერი ქარიშხლების პროპორციის გამოკვეთილი ზრდა ტროპიკული გრიგალების საერთო რიცხვში. ელ-ნინოს მოქმედების ზონაში კონვექციის მკვეთრ გაძლიერებასთან ერთად ამ პროცესებმა „შორეული კავშირების“ მექანიზმის მეშვეობით გააძლიერა გვაღვები, რომელმაც მოიცვა სულ უფრო მზარდი ტერიტორიები აფრიკის კონტინენტზე და რომელთა სიხშირემ იმატა ტროპიკებსა და სუბტროპიკებში.
3. შემოთავაზებულია ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების დინამიკის ამსახველი ინდექსები ΔF , F_x და F_y , რომლებიც პრაქტიკულად მისაღები სიზუსტით საშუალებას იძლევა ამინდის რუკებზე დაფიქსირდეს ყველა ძირითადი ცირკულაციური წარმონაქმნი და დახასიათდეს მათი ინტენსივობა, აგრეთვე განისაზღვროს ჰაერის მასების გადაადგილების მიმართულება და სიჩქარე. პროცესების ანალიზის დროს კავკასიის რეგიონისთვის ოპტიმალური შედეგები მიიღება, თუ ინდექსების გამოთვლის დროს მონაცემები აიღება 25 წერტილში, რომელთა შორის მანძილი უნდა შეადგენდეს დაახლოებით 500 კმ-ს. 2008 წლის ანომალურად ცივი იანვრისთვის და ანომალური ცხელი აგვისტოსთვის ჩატარებულმა გამოთვლებმა გამოავლინა არსებითი განსხვავება გეოპოტენციალის AT-500 ჰჰა დონეზე ცირკულაციის სამივე ინდექსის საშუალო რიცხვით მნიშვნელობებს შორის, ასევე თვის განმავლობაში ამ ინდექსების მსვლელობის ხასიათს შორის.
4. ლიტერატურული წყაროების მიხედვით 1948-1965 წწ. პერიოდში განვითარებული ამინდის ექსტრემალური მოვლენებისთვის ჩატარებულმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ ცირკულაციური ინდექსების საშუალებით შესაძლებელია ცირკულაციური პროცესების დიფერენცირება, რაც ამ პროცესების რაოდენობრივი შეფასების შესაძლებლობას იძლევა. დადგენილია, რომ სიცივის ტალღების მოქმედებასთან დაკავშირებული

ექსტრემალური მოვლენების დროს, როგორც წესი, ინდექსი $\Delta F > 0$ (საშუალო 1.6 $^{\circ}\text{C}^{-1}$), ხოლო სითბოს ტალღებით გამოწვეული მოვლენების დროს $\Delta F < 0$ (საშუალო -2.8 $^{\circ}\text{C}^{-1}$). ამინდის ექსტრემალური მოვლენების განვითარების დროს ცირკულაციის ინდექსების მნიშვნელობები, როგორც წესი, ასევე ექსტრემალურად მაღალი აღინიშნება.

5. ცირკულაციის ცალკეული ინდექსების ($\Delta F, F_x, F_y$) გამოყენებით გამოთვლილ იქნა ცირკულაციის კომპლექსური ინდექსი j , რომელიც რაოდენობრივად ასახავს როგორც სიცივის ($j < 0$), ასევე სითბოს ($j > 0$) ტალღების ინტენსივობას. ეს ინდექსი განსაკუთრებით ეფექტურია დედამიწის ზედაპირზე მოქმედი ამ ტალღების განმაპირობებელი, ტროპოსფეროში მიმდინარე ცირკულაციური პროცესების ანალიზის დროს.
6. ცირკულაციის პირობების რიცხვითი აღწერის შემოთავაზებული მეთოდი საშუალებას იძლევა ამინდის რუკების მიხედვით რაოდენობრივად შეფასდეს ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატის ცვლილების ზეგავლენით ამ პირობების შესაძლო ცვლილების ტრენდები. სავარაუდოა, რომ გლობალური დათბობის ზეგავლენით ადგილი უნდა ჰქონდეს ΔF ინდექსის უარყოფითი, ხოლო j მაჩვენებლის დადებითი მნიშვნელობების ზრდის ტენდენციას.

ლიტერატურა

1. Climate Change 2007. The physical science basis. IPCC, 2007
2. Climate Change 1995. WG I: Observed climate variability and change. IPCC, 1996, pp. 163-165.
3. ბერიტაშვილი ბ. კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებული ტერმინოლოგიის მოკლე განმარტებითი ლექსიკონი. ჰიდრომეტ.ინსტიტ შრომები, 2004, ტ.109.
4. The Global Climate System Review. WMO – No 950. WMO, 2003, pp. 16–17.
5. Бериташвили Б.Ш., Чоговадзе И.В. О влиянии глобального потепления на циркуляционные процессы над Кавказским регионом. Изв. РАН., сер. географическая, 2007. №2, с.101-103.
6. Чоговадзе И.В. Анализ аэросиноптических ситуации с помощью ЭВМ. Тр. Зак.НИГМИ, 1989, вып. 91(98), с. 67-87.
7. Чоговадзе И.В. Численный прогноз макромасштабной вертикальной скорости с учетом влияния рельефа. В кн. “Руководство по краткосрочным прогнозам погоды”, часть I. Л., Гидрометеоиздат, 1986, с. 281-187.
8. Напетваридзе Е.А., Папинашвили К.И. Синоптико-аэрологические условия особых явлений погоды в Закавказье и некоторые правила их прогнозирования на естественный синоптический период. Труды ТбилНИГМИ, 1957, вып. 2, с. 11-43.
9. Папинашвили К.И. Атмосферные процессы Закавказье и их связь с макроциркуляционными процессами над Евразией. Л., Гидрометеоиздат. 1962.
10. Папинашвили К.И. Обычные осадки в Восточной Грузии и аэросиноптические условия их возникновения. Труды ТбилНИГМИ, 1962, вып. 10, с.101-112.
11. Чиракадзе Г. И. Засуха, бездождные периоды и суровей на территории Кавказа. Л., Гидрометеоиздат, 1980.
12. Каталог параметров атмосферной циркуляции Северного полушария. Обнинск, 1988.

თავი 2. გლობალურ დატბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაბირების შეფასება

2.1. მახასიათებელი მეტეოროლოგიური სადგურების შერჩევა

მთავორიანი რელიეფისა და შავი ზღვის უშუალო ზეგავლენის გამო საქართველოს ტერიტორია კლიმატური და ლანდშაფტური ზონების მრავალფეროვნებით გამოირჩევა. თანახმად შრომებისა [1,2] აქ შესაძლებელია 3 კლიმატური ერთეულის გამოყოფა: I-ზღვის ნოტიო სუბტროპიკული კლიმატის ოლქი (დასავლეთ საქართველო); II- ზომიერად ნოტიო სუბტროპიკული კლიმატის ოლქი (აღმოსავლეთ საქართველოს ძირითადი ნაწილი) და III- ზომიერად ნოტიო სუბტროპიკული კლიმატიდან წინა აზიის მთიანეთის მშრალ კლიმატზე გარდამავალი ქვეოლქი (სამცხე-ჯავახეთი). ამ ოლქებიდან პირველი მოიცავს 7 კლიმატურ ზონას, მეორე - 10 ზონას და მესამე - ხუთს. ამ კლიმატურ ზონებთან დაკავშირებული ბუნებრივი ლანდშაფტების გვარების რაოდენობა 22-ს აღწევს [3], და მათი რეაგირება ამჟამად მიმდინარე გლობალურ დატბობაზე სხვადასხვა-გვარია. კერძოდ, ნაშრომში [4] მოყვანილი შედეგების თანახმად, გლობალური დატბობის მიმართ ყველაზე სწრაფ რეაქციას ამჟღავნებენ ძირითადად აღმოსავლეთ საქართველოსთვის დამახასიათებელი ვაკეების სუბჰუმიდური და სუბარიდული ლანდშაფტები, ხოლო ყველაზე სუსტად აღნიშნულ პროცესებზე რეაგირებენ დასავლეთ საქართველოს ვაკე, აგრეთვე მთის ჰუმიდური ლანდშაფტები.

მიუხედავად იმისა, რომ გასული საუკუნის 80-იანი წლებისთვის საქართველოს ტერიტორიაზე 200-ზე მეტი მეტეოროლოგიური სადგური და საგუშაგო ფუნქციონირებდა, მათი უმრავლესობა გახსნილი იყო 30-იან, და განსაკუთრებით 50-იან წლებში. XX საუკუნის დასაწყისში დაკვირვებები წარმოებდა მხოლოდ ოცდაათამდე სადგურზე, ისიც არსებითი წყვეტებით. ამიტომ, კლიმატური და ლანდშაფტური ზონების სიმრავლის გათვალისწინებით, შეუძლებელია კლიმატური ელემენტების საუკუნო მსვლელობის საიმედო დახასიათება ამ ცალკეულ ზონებში. შედეგად, კლიმატურ ოლქებში კლიმატის ცვლილების შესაფასებლად შერჩეულ უნდა იქნას რამდენიმე საკვანძო მახასიათებელი სადგური, რომლებისთვისაც არსებობს დაკვირვების საკმაო ხანგრძლივობის რიგები და რომელთა შესაბამის რეგიონებში კლიმატის ცვლილება დაკავშირებულია გარკვეულ ეკონომიკურ, სოციალურ და ეკოლოგიურ პრობლემებთან. ამ თვალსაზრისით დასავლეთ საქართველოსთვის აღებულ იქნა რეგიონის ცენტრალურ, მჭიდროდ დასახლებულ ნაწილში მდებარე, დაკვირვების საკმაოდ ხანგრძლივი რიგის მქონე მეტეოსადგური ქუთაისი, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში-კლიმატურ დაკვირვებათა ყველაზე დიდი ისტორიის მქონე სადგური თბილისში. სამცხე-ჯავახეთის ქვეოლქში საკვანძო მახასიათებელ სადგურად შერჩეულ იქნა ჯავახეთის პლატოს ცენტრალურ ნაწილში მყოფი მეტეოსადგური ახალქალაქი, რომელზედაც დაკვირვებები წარმოებდა XX საუკუნის დასაწყისიდან.

ქუთაისში 1885-დან 1935 წლამდე დაკვირვებები წარმოებდა სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკუმის ტერიტორიაზე, შემდგომ კი გადატანილ იქნა ჰიდრომეტსადგურის (ჰმს) მოედანზე. სიახლოვის გამო დაკვირვების ეს ორი რიგი იდენტური აღმოჩნდა. ამის გათვალისწინებით ლიტერატურაში ქუთაისი მხოლოდ ერთი სადგურით ხასიათდება. სხვა მდგომარეობაა თბილისში, სადაც მეტეოსადგურების რიცხვიც მეტია, და ოროგრაფიული პირობების გამო მათი კლიმატური მახასიათებლებიც განსხვავდება ერთმანეთისგან.

ცხრილში 2.1 მოყვანილია 1880-1980 წწ. პერიოდის სხვადასხვა წლებში ჩატარებული კლიმატური დაკვირვებების მონაცემები, საიდანაც ჩანს, რომ ქალაქის შუაგულში მდებარე მეტეოსადგურზე (ჰიდრომეტეოროლოგიური ობსერვატორია-ჰმო) ჰაერის საშუალო ტემპერატურა დაახლოებით 0.5°C -ით მეტია გარეუბნის ტემპერატურაზე, მაშინ როცა ნალექების რაოდენობა აეროპორტში 10%-ზე მეტი სიდიდით ნაკლებია ქალაქის მაჩვენებელზე. განსაკუთრებით მკვეთრი სხვაობა აღინიშნება ქარის რეჟიმში. ქარის საშუალო სიჩქარეც და ძლიერი ქარების განმეორადობაც გაშლილ ადგილზე მდებარე აეროპორტში ბევრად აჭარბებს ქალაქის შესაბამის მონაცემებს, რომლებიც დამახინჯებულია შენობა-ნაგებობებითა და ხშირი მცენარეული საფარით. ქალაქის ინტენსიური განაშენიანების შედეგად 1970-იანი წლებიდან ჰმო დაკვირვებები გადატანილ იქნა დილოში.

იმის გათვალისწინებით, რომ ჰმო/დილომისთვის ჰაერის ტემპერატურასა და ნალექებზე XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან არსებობს დაკვირვების რიგები, ამ ორი ელემენტის ცვალებადობას განვიხილავთ ქალაქის მონაცემებით, ხოლო მიღებული პრაქტიკის თანახმად, ქარის რეჟიმს დავახასიათებთ თბილისის აეროპორტში 1936 წლიდან წარმოებული დაკვირვებებით, რომლებიც ქალაქის მჭიდრო დაკვირვებებით, რომლებიც ქალაქის მჭიდრო განაშენიანების გათვალისწინებით უფრო რეალურად ასახავს ქარის თავისებურებებს თბილისის ფარგლებში. უფრო დეტალურად აღნიშნული საკითხი განხილულია ნაშრომში [5]. ცხრილში 2.1.1 მოყვანილი კლიმატური მონაცემები აღებულია ცნობარებიდან [6,7,8], აგრეთვე შრომიდან [5].

ცხრილი 2.1.1. მეტეოროლოგიური ელემენტების კლიმატური საშუალოები თბილისისა და ქუთაისის სხვადასხვა მეტეოსადგურებზე

ელემენტი სადგური	საშ. წლიური ტემპერატურა T°C	ნალექთა წლიური ჯამები, Q მმ	ქარის საშ. წლიური სიჩქარე, V მ/წმ	ძლიერი ქარით დღეთა რიცხვი წელიწადში, n
თბილისი, ჰმო	12.7	505	2.4	23
თბილისი, აეროპორტი	12.3	448	5.8	131
თბილისი, დილოში	12.1	505	3.9	15
ქუთაისი, ს/ს ტექნიკუმი	14.5	1380	–	–
ქუთაისი, ჰმს	14.5	1380	5.0	81

ახალქალაქის მეტეოსადგურზე დაკვირვებები კლიმატურ ელემენტებზე დაიწყო 1900 წელს. თბილისისა და ქუთაისისაგან განსხვავებით, რომლებიც შესაბამისად მტკვრისა და რიონის ხეობებში იმყოფებიან, აქ ჰორიზონტი გახსნილია ყველა მიმართულების ქარებისთვის. ამიტომ ჩვენ ჩავთვალეთ, რომ მკვეთრად გამოხატული დომინირებული მიმართულების არარსებობის გამო, გლობალური დათბობის შედეგად ახალქალაქში ქარის რეჟიმის შესამჩნევ ცვლილებას არ უნდა ველოდეთ და ძლიერი ქარების რეჟიმის ანალიზისას შემოვიფარგლეთ თბილისისა და ქუთაისის მონაცემებით. ამ მოსაზრებას ამართლებს ისიც, რომ თანახმად [7]-ისა, ძლიერი ქარებით დღეების საშუალო რიცხვი წელიწადში შეადგენს თბილისში 127, ქუთაისში-81 და ახალქალაქში -

მხოლოდ 14-ს. სამივე შერჩეულ სადგურზე ქარის სხვადასხვა მიმართულების განმეორადობები, კლიმატური ცნობარის [7] მიხედვით, მოყვანილია ცხრილში 2.12

ცხრილი 2.12. შერჩეულ მეტეოსადგურებზე ქარის მიმართულებათა წლიური განმეორადობა (%)

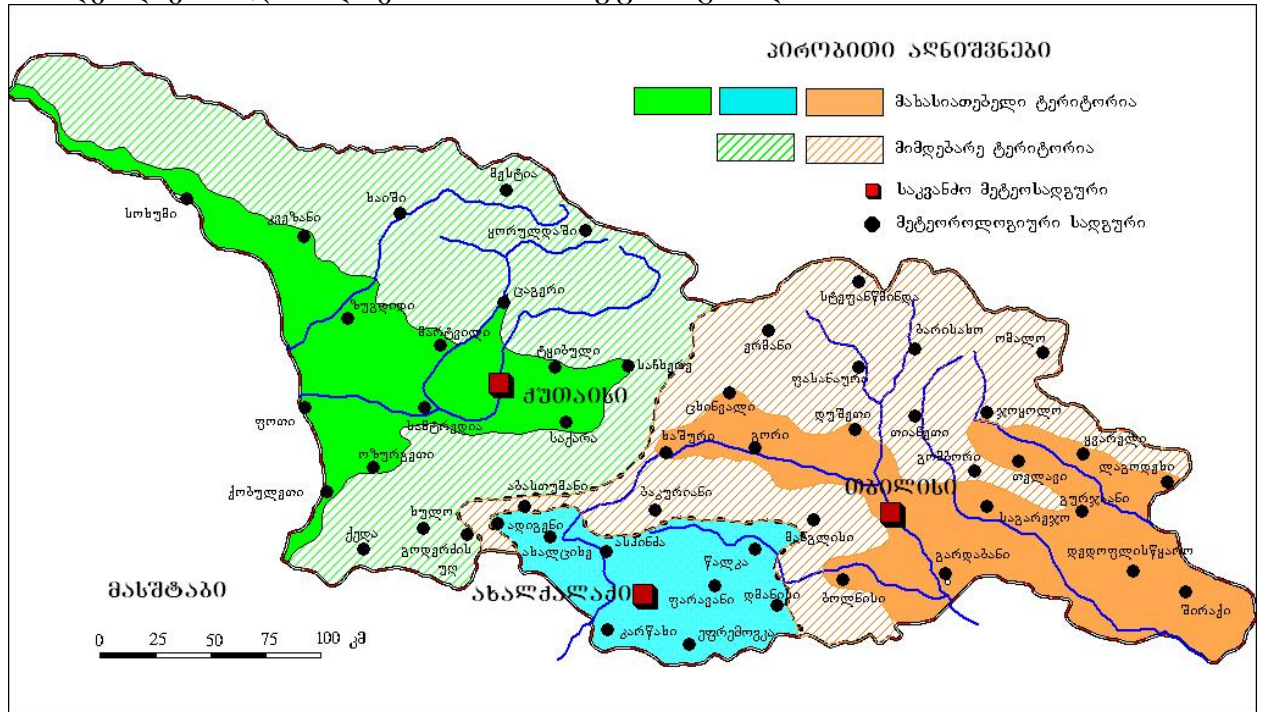
მიმართულება \ სადგური	ჩ (N)	ჩა (N E)	ა (E)	სა (SE)	ს (S)	სდ (SW)	დ (W)	ჩდ (NW)
თბილისი	1	4	6	12	6	2	3	66
ქუთაისი	1	3	53	2	1	3	35	2
ახალქალაქი	10	2	12	28	11	8	5	24

ამ ცხრილიდან ნათლად ჩანს, რომ ოროგრაფიის ზეგავლენით თბილისში ჩრდილო-დასავლეთი/სამხრეთ-აღმოსავლეთი რუმბის ქარების განმეორადობა თითქმის 80%-ს აღწევს, ქუთაისში აღმოსავლეთ/დასავლეთი მიმართულების განმეორადობა 90%-ს უახლოვება, მაშინ, როდესაც ახალქალაქში დომინირებული მიმართულების სამხრეთ-აღმოსავლეთი/ჩრდილო-დასავლეთის განმეორადობა მცირედით აღემატება 50%-ს და საკმაოდ ხშირია სხვა რუმბის ქარებიც.

შერჩეული საკვანძო სადგურების რეპრეზენტატულობის შესაფასებლად საქართველოს კლიმატური დარაიონების მიხედვით [2] დასავლეთ საქართველოში მახასიათებელ ტერიტორიად გამოყოფილ იქნა ნოტიო კლიმატის ზონა თბილი ზამთრითა და ცხელი ზაფხულით, რომელსაც მიეკუთვნება ქუთაისი, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე - ზომიერად ნოტიო კლიმატის ზონა ზომიერად ცივი ზამთრითა და ცხელი ზაფხულით, რომელსაც მიეკუთვნება თბილისი (ნახ.2.1.1). განსხვავებული კლიმატური ზონები, რომლებშიც შევიდა მთიანი აფხაზეთი, სვანეთი, რაჭა-ლეჩხუმი, ზემო იმერეთი, გურიისა და აჭარის უმეტესი ნაწილი, აგრეთვე აღმოსავლეთ საქართველოს მთიანეთი (კავკასიონის სამხრეთი ფერდობები და თრიალეთის მასივი) გაერთიანებულ იქნა მიმდებარე ტერიტორიებში. სამცხე-ჯავახეთი მთლიანად ჩათვლილ იქნა ახალქალაქის საკვანძო სადგურის მახასიათებელ ტერიტორიად მიმდებარე კლიმატური ზონების არარსებობის გამო.

თითოეულ მახასიათებელ და მიმდებარე ტერიტორიაზე მეტნაკლებად თანაბარი სიხშირით შერჩეულ იქნა 1951-1965 წწ. პერიოდში სინქრონული დაკვირვების უწყვეტი რიგების მქონე მეტეოროლოგიური სადგურები, რომლებიც ასახავენ შესაბამისი ტერიტორიების ცალკეული ნაწილების ტემპერატურულ რეჟიმს. აღნიშნული სადგურების საშუალო წლიური ტემპერატურები, გამოთვლილი ცნობარში [9] მოყვანილი მონაცემებით, შედარებულ იქნა შესაბამის საკვანძო სადგურების ამავე პერიოდის საშუალო წლიურ ტემპერატურასთან როგორც მახასიათებელ, ასევე მიმდებარე ტერიტორიებზე. თითოეული ტერიტორიისთვის გასაშუალოებული სიდიდეები მოყვანილია ცხრილში 2.13. ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს მახასიათებელ ტერიტორიაზე სხვაობა თბილისისა და შერჩეული სადგურების საშუალო წლიურ ტემპერატურებს შორის იცვლება 3.3-დან -0.2 °C-მდე და საშუალოდ შეადგენს 1.6 °C. მიმდებარე ტერიტორიისთვის შესაბამისმა სიდიდემ შეადგინა 6.6°C, რაც მოწმობს იმას, რომ თბილისის მონაცემები საკმაოდ მიახლოებით ასახავს მახასიათებელი ტერიტორიის ტემპერატურულ რეჟიმს, რაც არ ითქმის მიმდებარე ტერიტორიაზე.

განსხვავება საკვანძო და მახასიათებელი სადგურების საშუალო წლიურ ტემპერატურას შორის კიდევ უფრო მცირე აღმოჩნდა დასავლეთ და სამხრეთ საქართველოსთვის: ქუთაისი, ისევე როგორც თბილისი, უფრო თბილი აღმოჩნდა შესაბამის მახასიათებელ ტერიტორიაზე (1.2°C-ით), მაშინ როცა ახალქალაქი – დაახლოებით 1°C -ით უფრო გრილი.



ნახ. 2.1.1. მახასიათებელი და მიმდებარე ტერიტორიების განლაგების სქემა.

იმის შესაფასებლად, თუ რამდენად დიდია საშუალო წლიური ტემპერატურისთვის მიღებული სხვაობის სიდიდე, მოვიყვანოთ საქართველოს 3 დიდი ქალაქისთვის და მათ მიმდებარე ტერიტორიაზე სხვადასხვა დროს მოქმედი მეტეოსადგურების შესაბამის კლიმატურ მონაცემებს (ცხრილი 2.1.4), საიდანაც ირკვევა, რომ ჩვენს მიერ მიღებული სხვაობები აბსოლუტური სიდიდით არ აღემატება და ნაკლებიცაა ერთი დიდი ქალაქის ფარგლებში საშუალო წლიური ტემპერატურის მერყეობაზე. ცხრილში 2.1.4 განხილულ სადგურებზე დაკვირვების რიგების ხანგრძლივობა იცვლება 5-დან (კელასური) 80 წლამდე (თბილისი, ჰმო) და საშუალოდ შეადგენს 25 წელს. საკვანძო და მახასიათებელ სადგურებს შორის საშუალო წლიური ტემპერატურის სხვაობებისთვის t-სტიუდენტის კრიტერიუმის გამოყენებით შეფასებულ იქნა ნიშნადობის დონე. შეფასების შედეგები მოყვანილია დანართში I. ნიშნადობის დონე რიგებში წევრთა რაოდენობასა და მათ დისპერსიასთან ერთად განპირობებულია ტემპერატურის სხვაობის სიდიდით. განხილული 15-წლიანი რიგებისთვის ეს კავშირი ზოგადი სახით აღმოჩნდა შემდეგი (ცხრ. 2.1.5). $\Delta T \geq 1.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ მნიშვნელობებისთვის ნიშნადობის დონე P ხდება ტოლი 0.999-ისა.

შევნიშნავთ, რომ ნიშნადობის დონის $0.90 < P > 0.60$ მნიშვნელობები მიღებულია სტიუდენტის t-კრიტერიუმის გამოსათვლელ ცხრილურ მონაცემთა ექსტრაპოლაციით, ხოლო $P < 0.60$ ($t < 1$) შეესაბამება არანიშნადობის აღნიშვნა.

საშუალო წლიურ ტემპერატურებთან ერთად განხილულ იქნა იგივე 1951-1965 წწ. პერიოდში გასაშუალებული სეზონური ტემპერატურების გადახრები საკვანძო სადგურების შესაბამისი მნიშვნელობებიდან მახასიათებელ და

მიმდებარე ტერიტორიებზე (ცხრილი 2.1.3). ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ მახასიათებელ ტერიტორიებზე სეზონური საშუალოების წლიურიდან გადახრები ძირითადად მერყეობს $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ის ფარგლებში, მაშინ როცა მიმდებარე ტერიტორიებზე ეს გადახრები იცვლება $\pm 6^{\circ}\text{C}$ შუალედში.

ცხრილი 2.1.3. საშუალო წლიური ტემპერატურის გადახრები ($^{\circ}\text{C}$) საკვანძო სადგურების ტემპერატურიდან (1951-1965)

N	საკვანძო სადგურების სიმაღლე ზ.დ. და საშ.წლ. ტემპერატურა	მახასიათებელი სადგურები			მიმდებარე სადგურები		
		დასახელება	სიმაღლე ზ.დ., მ	ΔT^* $^{\circ}\text{C}$	დასახელება	სიმაღლე ზ.დ., მ	ΔT^* $^{\circ}\text{C}$
1	თბილისი, 403 მ. 13.2 $^{\circ}\text{C}$	ხაშური	690	3.2	ერმანი	2240	11.0
		ცხინვალი	862	3.2	სტეფანწმინდა	1744	8.0
		გორი	588	1.8	ფასანაური	1070	5.2
		ღუშეთი	922	3.3	ბარისახო	1325	6.6
		ბოლნისი	534	0.6	თიანეთი	1099	5.4
		გარდაბანი	300	-0.2	ომალე	1880	9.5
		საგარეჯო	802	1.9	ჯოყოლო	663	2.1
		თელავი	568	1.0	გომბორი	1085	4.6
		გურჯაანი	410	0.4	მანგლისი	1194	4.8
		ყვარელი	449	0.3	აბასთუმანი	1265	6.7
		ლაგოდეხი	362	0.1	ბაკურიანი	1665	8.5
		დ/წყარო	800	2.6			
		შირაქი	555	2.5			
			საშუალო	603	1.6	საშუალო	1384
2	ქუთაისი 114 მ. 14.7 $^{\circ}\text{C}$	სოხუმი	116	0.2	ხაიში	730	4.1
		ფოთი	3	0.2	მესტია	1441	9.0
		ქობულეთი	7	1.2	ყორულდში	1943	11.2
		კვეზანი	266	1.4	ქედა	256	2.1
		სუგდიდი	117	0.9	ხულო	923	4.2
		მარტვილი	170	0.9	გოდერძის ულ.	2025	12.1
		სამტრედია	28	0.3			
		ანასეული	116	1.0			
		ცაგერი	474	3.2			
		ტყიბული	535	2.2			
		საქარა	148	0.6			
		სახხერე	415	2.9			
			საშუალო	200	1.2	საშუალო	1220
3	ახალქალაქი 1716 მ. 5.2 $^{\circ}\text{C}$	ადიგენი	1185	-3.1			
		ახალციხე	982	-4.0			
		ასპინძა	1098	-4.3			
		კარწახი	1863	0.8			
		ეფრემოვკა	2112	3.1			
		ფარავანი	2100	2.4			
		წალკა	1457	-0.9			
		დმანისი	1256	-3.1			
	საშუალო	1507	-1.1				

შენიშვნა: ცხრილში 1.3 $\Delta T^* = T^* - T_i$, სადაც T^* არის საკვანძო სადგურის საშუალო წლიური ტემპერატურა, T_i აღნიშნავს i-ური სადგურის საშუალო წლიურ ტემპერატურას

ცხრილი: 2.1.4. საქართველოში დიდი ქალაქების ფარგლებში მიმდებარე მეტეოსადგურების საშუალო წლიური ტემპერატურა (კლიმატური ცნობარის [6] მიხედვით)

ქალაქი	მეტეოსადგური	სიმაღლე მ. ღ.მ	საშ. წლიური ტემპერატურა, T °C	ამპლიტუდა ΔT °C
თბილისი	1. ობსერვატორია	403	12.7	2.2
	2. ჰმლ დილომი	436	12.1	
	3. აეროპორტი	490	12.3	
	4. მთაწმინდის პარკი	734	10.8	
	5. ბოტანიკური ბაღი	465	12.6	
	6. სამგორი, წყალსაცავი	549	11.8	
	7. ვაზიანი	622	11.7	
	8. რუსთავი	374	13.0	
სოხუმი	1. ეშერა	10	14.5	1.5
	2. აგროსადგური	116	14.1	
	3. ბოტანიკური ბაღი	26	14.7	
	4. საცდელი სადგური	52	14.3	
	5. პორტი	4	15.0	
	6. შუქურა	9	14.5	
	7. კელასური	22	14.1	
	8. გულრიფში	120	14.5	
	9. ბაბუშარა, აეროპორტი	8	13.5	
	10. აძიუბუა	30	13.7	
ბათუმი	1. ქალაქი	5	14.5	1.9
	2. შუქურა	2	14.4	
	3. ადლია, აეროპორტი	10	14.3	
	4. კაპანდიბა	20	14.4	
	5. მახინჯაური	15	13.8	
	6. მწვანე კონცხი, ზემო	94	14.1	
	7. მწვანე კონცხი, ქვემო	70	12.6	
	8. ჩაქვი	30	14.1	
	9. ქობულეთი	7	13.4	

ცხრილი 2.1.5. ნიშნადობის დონის დამოკიდებულება საშუალო წლიური ტემპერატურის სხვაობაზე საკვანძო და მახასიათებელ სადგურებს შორის (1951-1965)

ტემპერატურის სხვაობა, °C	ნიშნადობის დონე, P
0.1	არანიშნადი
0.2	არანიშნადი
0.3	0.60-0.70
0.4	0.80-0.90
0.5	0.90-0.95
0.6	0.95-0.96
0.7	0.96-0.97
0.8	0.97-0.98
0.9	0.99-0.995

ცხრილში 2.1.6 მახასიათებელი და მიმდებარე ტერიტორიებისთვის საშუალო ტემპერატურებთან ერთად მოყვანილია ზღვის დონიდან სადგურების სიმაღლის საშუალო მნიშვნელობები. ამ მონაცემებით შესაძლებელია საკვანძო სადგურსა და შესაბამისი ტერიტორიის საშუალო დონეს შორის ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტის საორიენტაციო შეფასება (ცხრილი 2.1.7). ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტის მინიმალური მნიშვნელობით ხასიათდება სამცხე-ჯავახეთის რეგიონი, ხოლო მაქსიმალური მნიშვნელობით – დასავლეთ საქართველოს კლიმატური ოლქი.

ცხრილი 2.1.6. მახასიათებელ და მიმდებარე ტერიტორიებზე გასაშუალოებული ტემპერატურების გადახრები ΔT (°C) საკვანძო სადგურების ტემპერატურებიდან სეზონების მიხედვით (1951-1965)

საკვანძო სადგური	მახასიათებელი ტერიტორია					მიმდებარე ტერიტორია				
	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
თბილისი	1.5	1.6	1.2	1.3	1.5	5.9	6.6	7.5	6.1	6.6
ქუთაისი	1.4	1.1	0.9	1.4	1.2	9.0	8.0	7.8	8.5	8.4
ახალქალაქი	-1.5	-1.1	-1.0	-0.9	-1.1					

ცხრილი 2.1.7. ჰაერის გასაშუალოებული ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტის მნიშვნელობები (°C/100მ) მახასიათებელი და მიმდებარე ტერიტორიებისთვის

№	საკვანძო სადგური	მახასიათებელი ტერიტორია	მიმდებარე ტერიტორია
1.	თბილისი	1.0	0.7
2.	ქუთაისი	1.4	0.8
3.	ახალქალაქი	0.5	–

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ საკვანძო სადგურისა და მახასიათებელი ტერიტორიის საშუალო სიმაღლეს შორის მცირე სხვაობის გათვალისწინებით აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოსთვის ვერტიკალური გრადიენტის შესაბამისი მნიშვნელობები (1.0 და 1.4/100 მ) არასაიმედოა და ტემპერატურის საშუალო ვერტიკალურ გრადიენტად აღმოსავლეთ საქართველოში შეიძლება მიღებულ იქნას 0.7 °C/100 მ, დასავლეთ საქართველოში 0.8 °C/100 მ და სამცხე-ჯავახეთში 0.5 °C /100 მ.

იმის დასადგენად, თუ რამდენად რეპრეზენტატულია სოციალურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით შერჩეული მახასიათებელი და მიმდებარე ტერიტორიები, მათ ფართობებთან ერთად, ცნობარების დახმარებით [10,11] შეფასებულ იქნა ამ ტერიტორიებზე დასახლებული პუნქტების რაოდენობა და მოსახლეობის მიახლოებითი რიცხოვნობა. ეს მონაცემები მოყვანილია ცხრ. 2.8-ში, საიდანაც შეიძლება მიღებულ იქნას, რომ მახასიათებელი და მიმდებარე ტერიტორიების ფართობები შეადგენს საქართველოს მთელი ტერიტორიის შესაბამისად 40 და 60%, ხოლო დასახლებული პუნქტების რაოდენობა–მთელი

რაოდენობის სათანადოდ 60 და 40%-ს. ეს პროპორცია მეკეთრად იცვლება დასახლებულ პუნქტებში მოსახლეობის რაოდენობის გათვალისწინებით, რადგანაც ქალაქების აბსოლუტური უმრავლესობა მახასიათებელ ტერიტორიებზეა განლაგებული, მათ შორის თბილისი 1300 ათასი მოსახლით, ქუთაისი – 300 ათასით, რუსთავი – 150 ათასით, ბათუმი, ზუგდიდი და სოხუმი-ას-ასი ათასით და ა.შ.

ცხრილი: 2.1.8. მახასიათებელი და მიმდებარე ტერიტორიების ძირითადი მაჩვენებლები

№	საკვანძო სადგური. (სიმძლვე ზ.დ., მ)	ფართობი S, კმ ²	სადგურების რაოდენობა n	საშუალო სიმძლვე ზ. დ. მ. H	$\Delta T^{\circ}C$	დასახლებული პუნქტების რაოდენობა N	მოსახლეობის რაოდენობა (ათასი) M
მახასიათებელი ტერიტორიები							
		S_1	n_1	H_1	ΔT_1	N_1	M_1
1.	თბილისი (403)	13500	12	603	1.6	910	2600
2.	ქუთაისი (114)	9800	12	200	1.2	1380	1540
3.	ახალქალაქი (1716)	5400	8	1507	-1.1	310	70
	სულ	28700	32			2600	4210
მიმდებარე ტერიტორიები							
		S_2	n_2	H_2	ΔT_2	N_2	M_2
1.	თბილისი	19000	12	1384	6.6	980	323
2.	ქუთაისი	22000	6	1220	8.4	760	221
	სულ	41000	18			1740	544
	საერთო ჯამი	69700	50			4340	4754

ცხრ. 2.1.8-ის მიხედვით შედგენილი მახასიათებელი და მიმდებარე ტერიტორიების ფარდობითი მაჩვენებლები, დემოგრაფიული მონაცემების გათვალისწინებით, მოყვანილია ცხრ. 2.1.9. ამ ცხრილში მახასიათებელი ტერიტორიების საერთო ფართობში S_1 შევიდა სამხრეთ საქართველოს ტერიტორიაც, რამაც გამოიწვია მთლიანად საქართველოსთვის S_2/S_1 თანაფარდობის შემცირება თბილისისა და ქუთაისის საშუალოსთან შედარებით.

ცხრილი: 2.1.9. მახასიათებელი (1) და მიმდებარე (2) ტერიტორიების ფარდობითი მაჩვენებლები

საკვანძო სადგური	S_2/S_1	N_2/N_1	M_2/M_1
თბილისი	1.41	1.08	0.12
ქუთაისი	2.24	0.55	0.14
მთლიანად საქართველო	1.43	0.67	0.13

ბოლო ცხრილიდან შეიძლება შემდეგი დასკვნების გამოტანა:

– დასახლებული პუნქტების რაოდენობა N აღმოსავლეთ საქართველოს მიმდებარე ტერიტორიაზე დაახლოებით უტოლდება პუნქტების რაოდენობას

მახასიათებელ ტერიტორიაზე, თუმცა მოსახლეობის რაოდენობა M მიმდებარე ტერიტორიაზე შეადგენს მახასიათებელი ტერიტორიის მოსახლეობის მხოლოდ 12 %-ს.

– დასვლეთ საქართველოში მახასიათებელმა ტერიტორიამ მოიცვა პუნქტების თითქმის 2-ჯერ მეტი რაოდენობა, ვიდრე მიმდებარე ტერიტორიამ, ხოლო ამ უკანასკნელის მოსახლეობამ შეადგინა მახასიათებელი ტერიტორიის მხოლოდ 14 %. მთლიანად საქართველოს მასშტაბით, სამცხე-ჯავახეთის ტერიტორიის ჩათვლით, ამ შეფარდებას შეადგინა 13%, მაშინ როდესაც დასახლებული პუნქტების რაოდენობა მიმდებარე ტერიტორიებზე უტოლდება მახასიათებელი ტერიტორიების შესაბამისი მაჩვენებლის 2/3-ს.

– მიღებული დისპროპორცია გამოწვეულია იმით, რომ საქართველოს მოსახლეობის მნიშვნელოვანი ნაწილი თავმოყრილია დიდ და საშუალო სიდიდის ქალაქებში, რომელთა აბსოლუტური უმრავლესობა იმყოფება მახასიათებელ ტერიტორიებზე.

– მიმდებარე ტერიტორიებს უჭირავს საქართველოს მთელი ფართობის დაახლოებით 60%. მიუხედავად ამისა, მოსახლეობის სიმჭიდროვის გათვალისწინებით, ზემოთ მიღებული შედეგები საფუძველს იძლევა დაეკანონოს, რომ საკვანძო მეტეოსადგურების მონაცემებით დახასიათებული კლიმატის ცვლილების ტრენდები არსებითად მოქმედებს საქართველოს მოსახლეობის უმეტეს ნაწილზე და შესაბამის ზემოქმედებას ახდენს მის ეკონომიკურ საქმიანობაზე.

ამჟამად გლობალური კლიმატის ცვლილების საერთაშორისო პროგრამებში საქართველოს ტერიტორია ხასიათდება მხოლოდ ერთი სადგურით-თბილისით, რომელსაც გააჩნია სათანადო ხანგრძლივობის დაკვირვების რიგები. იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოში გამოიყოფა სამი კლიმატური ერთეული, ქვეყნის ტერიტორიის ერთი სადგურით წარმოდგენა საკმაოდ უხემ მიახლოებად მიგვაჩნია. ჩვენი აზრით, საქართველოში გასული საუკუნის მანძილზე კლიმატის ცვლილების უფრო მაღალი გარჩევისუნარიანობით დასახასიათებელი უნდა იქნას მინიმუმ 3, შესაფერისი ხანგრძლივობის რიგების მქონე მეტეოსადგური.

ზემოთ, ასეთი მიდგომით, საკვანძო სადგურებად შერჩეულ იქნა თბილისი, ქუთაისი და ახალქალაქი, რომლებსთვისაც გამოყოფილ იქნა რეპრეზენტატული (მახასიათებელი) და ნაკლებად რეპრეზენტატული (მიმდებარე) ტერიტორიები. დადგენილ იქნა, რომ ამ ტერიტორიების ფართობები შეადგენს საქართველოს მთელი ტერიტორიის შესაბამისად 40 და 60%-ს. ცხადია, რომ ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების უფრო ზუსტი დახასიათებისათვის საჭიროა ანალოგიური ანალიზის ჩატარება სხვა კლიმატურ ზონებში განლაგებულ როგორც მახასიათებელ, ასევე მიმდებარე სადგურებისთვისაც.

კლიმატური ცნობარის [6] თანახმად, ჰაერის ტემპერატურაზე დაკვირვების მქონე, 10 წელზე მეტი ხანგრძლივობის 180 მეტეოსადგურიდან 1906 წლამდე დაკვირვებები დაწყებული იყო 30 სადგურზე. შემდგომში ამას დაემატა 1906-1930 წლებში გახსნილი 50 და 1931 წლიდან ამოქმედდა კიდევ 100 სადგური. დაკვირვების საუკუნოვანი, მეტნაკლებად უწყვეტი რიგების მქონე სადგურებიდან ამ გამოკვლევის ჩასატარებლად მიზანშეწონილად მიგვაჩნია შემდეგი სადგურების განხილვა (ცხრ. 2.10):

ახალქალაქის საკვანძო სადგურის მახასიათებელ ტერიტორიაზე სათანადო ხანგრძლივობის რიგის მქონე სხვა სადგური არ გააჩნია, ისევე როგორც ქუთაისის საკვანძო სადგურს-მიმდებარე ტერიტორიაზე.

ბუნებრივია, დაკვირვების რიგების სხვადასხვა მეთოდებით აღდგენისა და დაგრძელების პირობებში, დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად შესაძლებელია შემდგომ პერიოდებში ამოქმედებული სადგურების გამოყენებაც, თუმცა ეს მოითხოვს სათანადო მეთოდოლოგიურ დასაბუთებას, რაც ცალკე გამოკვლევის საგანს უნდა შეადგენდეს.

ცხრილი 2.1.10. გასულ საუკუნეში ტემპერატურის ტრენდების დასაზუსტებლად გამოსაყენებელი, ასწლიანი დაკვირვების რიგების მქონე სადგურების ჩამონათვალი

საკვანძო სადგური	მასსიათებელი ტერიტორია	მიმდებარე ტერიტორია
თბილისი	გორი გარდაბანი თელავი	აბასთუმანი ბაკურიანი ჯვრის ულელტეხილი გუდაური თეთრიწყარო
ქუთაისი	ფოთი ანასეული ბათუმი სამტრედია საქარა ტყიბული საჩხერე	

2.2 ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობა საკვანძო მეტეოსადგურებზე
2.2.1. თბილისი

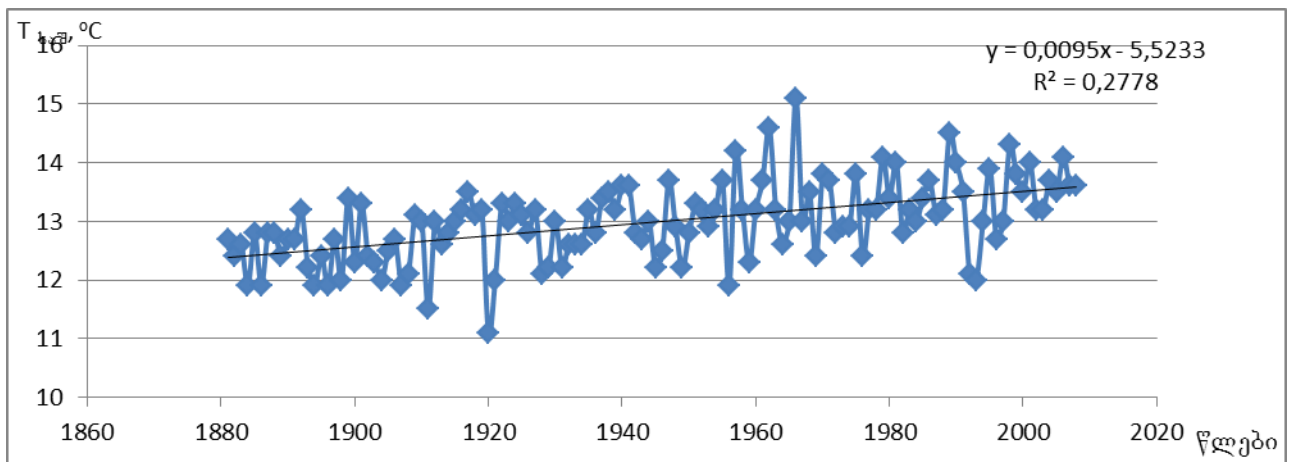
ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის მერყეობის თავისებურებების გამოვლენას მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება არამარტო წარსული პერიოდის კლიმატური პირობების შესწავლისათვის, არამედ მათი ტრენდული განვითარების ხასიათის დადგენის მიზნითაც, რასაც თავისთავად საპროგნოზო მნიშვნელობა გააჩნია. ამისთვის, თბილისის თვის საშუალო ტემპერატურის შესახებ არსებული საარქივო მასალების გამოყენებით, გაანალიზებულ იქნა ამ პარამეტრის დროში ცვალებადობის თავისებურებები დაკვირვების დაწყებიდან დღემდე. ყურადღებას ვამახვილებთ დაკვირვების ხანგრძლივ პერიოდზე (165 წელი), რაც ბევრად უფრო შესაძლებელს ხდის დასახული მიზნის მიღწევას.

როგორც ცნობილია, თბილისში ჰაერის ტემპერატურაზე სისტემატური დაკვირვებები დაიწყო 1844 წელს, რის გამოც თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან გადახრების გაანალიზებისას ქვემოთ გამოყენებული იქნება ამ წლიდან დაწყებული რიგები. რაც შეეხება საშუალო წლიური ტემპერატურის საუკუნო მსვლელობას, მისი განხილვის დასაწყისისთვის შერჩეულ იქნა 1881 წელი, რადგანაც ამ წლიდან არსებობს თბილისში ატმოსფერულ ნალექებზე დაკვირვების უწყვეტი რიგი და, ამრიგად, შესაძლებელია ამ ორი ძირითადი კლიმატური ელემენტის თბილისში დროის ერთსა და იმავე პერიოდში ცვალებადობის შედარება.

წლის საშუალო ტემპერატურის გასული, თითქმის 130 წლის მანძილზე რყევადობის გრაფიკი მოყვანილია ნახ.2.1.1-ზე. საკვლევი ელემენტის ცვალებადობის წრფივი ტრენდით აპროქსიმაციის შემთხვევაში მიიღება, რომ დროის აღნიშნული პერიოდის განმავლობაში თბილისში წლის საშუალო

ტემპერატურამ მოიმატა 1.0°C-ით 12.5°C -დან 13.5°C-მდე. იგივე შედეგი მიღებულ იქნა 19-წლიანი მცოცავი საშუალოების გამოყენებითაც.

ნახ. 2.2.1.1.-ზე მოყვანილ გრაფიკზე განსაკუთრებით თვალში საცემია 1900-იანი წლების დასაწყისში დაფიქსირებული აცივების ორი მინიმუმი (1911 წელს 11.5 და 1920 წელს 11.1), ისევე როგორც 1950-1960-იან წლებში დაკვირვებული სამი მაქსიმუმი (1957 წელს 14.2 °C, 1962 წელს 14.6 °C და 1966 წელს 15.1 °C). სწორედ ამ მაქსიმუმების არსებობით უნდა აიხსნას ის გარემოება, რომ საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში გამოყენებული 1955-1970 წწ პერიოდის საშუალო მნიშვნელობა (13.3°C) ტოლი აღმოჩნდა გლობალური დათბობის გამოვლინების ე.წ. “სტანდარტული” პერიოდის (1990-2005) საშუალოსი.

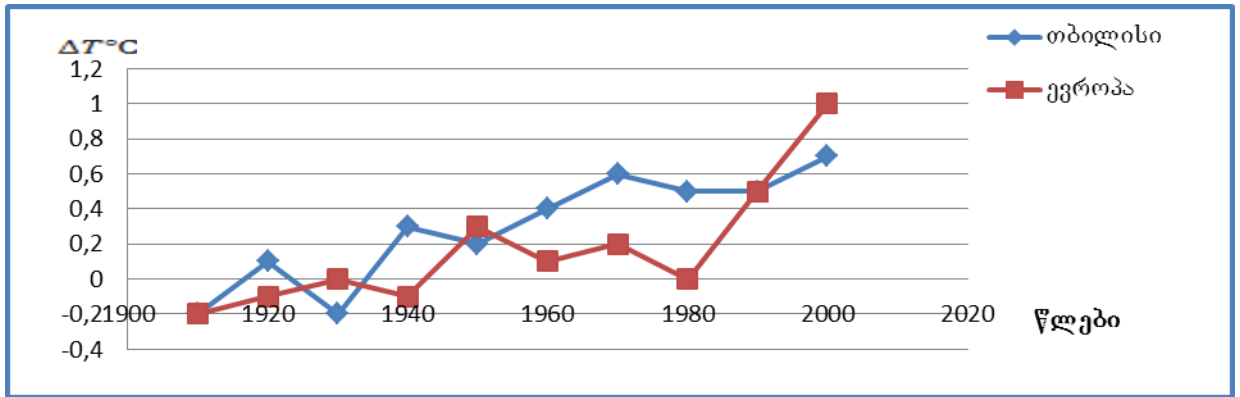


ნახ. 2.2.1.1. საშუალო წლიური ტემპერატურის რყევადობა თბილისში 1881-2008 წწ. პერიოდში.

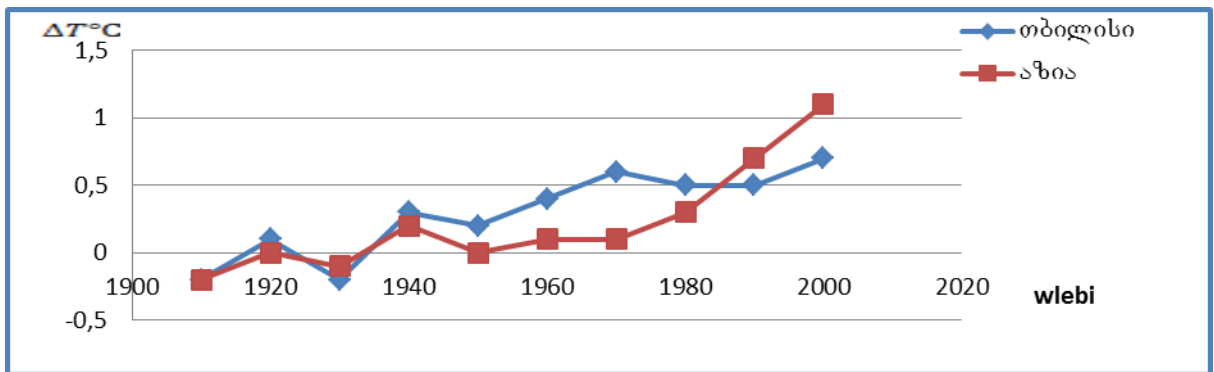
1966 წლის ტემპერატურული მაქსიმუმი აღნიშნულია საქართველოს ყველა მეტეოსადგურზე, სადაც მან ტრენდულ საშუალოებს გადააჭარბა 3-4 °C -ით. ამის შემდეგ, 1970-იან წლებში თითქმის ყველა რეგიონში დაიკვირვებოდა აგრილება, რომლის დროსაც წლიური ტემპერატურა ნაკლები იყო კლიმატურ საშუალოზე 1-2 °C -ით.

მოყვანილ მონაცემებთან დაკავშირებით უდავო ინტერესს შეადგენს თბილისში გასული საუკუნის მანძილზე საშუალო წლიური ტემპერატურის რყევადობის შედარება დედამიწის იმ მსხვილ რეგიონებში დაფიქსირებულ ცვალებადობასთან, რომლებიც ესაზღვრება საქართველოს, აგრეთვე გლობალურად გასაშუალოებულ რყევადობასთან.

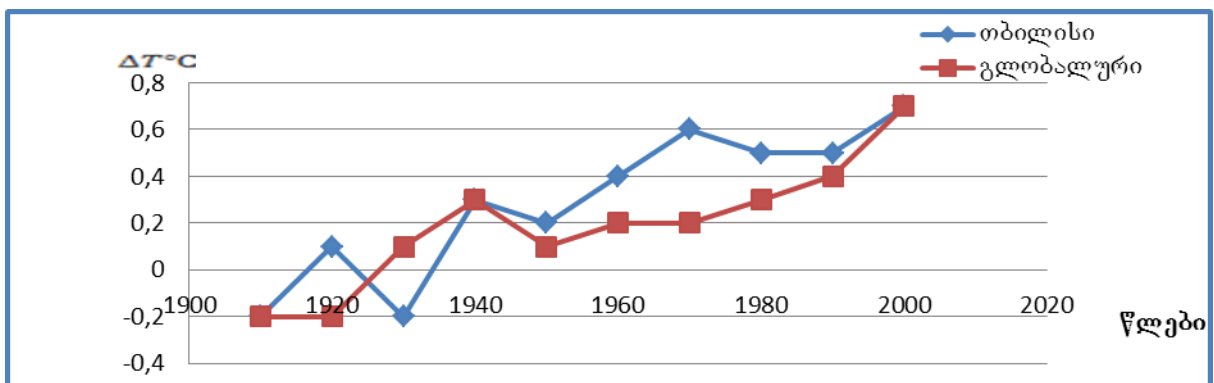
IPCC ანგარიშში [12] სხვადასხვა კონტინენტებისათვის მოყვანილია 1906-2005 წწ. პერიოდში ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები 1901-1950 წწ. საშუალოს მიმართ. იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველო იმყოფება ევროპისა და აზიის კონტინენტების საზღვარზე, თბილისის შესაბამისი მონაცემები შედარებულ იქნა ორივე კონტინენტის, აგრეთვე გლობალურ საშუალოებთან (ნახ. 2.2.1.2-2.2.1.4.).



ნახ. 2.2.1.2. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები ევროპის კონტინენტზე და თბილისში 1906-2005წწ პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.



ნახ. 2.2.1.3. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები აზიის კონტინენტზე და თბილისში 1906-2005წწ პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.



ნახ. 2.2.1.4. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები გლობალური მასშტაბით და თბილისში 1906-2005 წწ პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.

როგორც ამ გრაფიკებიდან ჩანს, თბილისში გასული საუკუნის მანძილზე საშუალო წლიური ტემპერატურის ანომალიების მსვლელობა გარკვეულწილად განხვავდება როგორც ევროპის, ისე აზიის მონაცემებისაგან. გადახრების

მსვლელობა უფრო ახლოსაა აზიის კონტინენტზე დაფიქსირებულ მსვლელობასთან (განსაკუთრებით 1950 წლამდე), თუმცა 1960-1970-იან წლებში ჩვენთან აღინიშნა ანომალურად დიდი დადებითი გადახრები, რომლებიც არ დაფიქსირებულა არც ევროპაში და არც აზიაში. თბილისში ტემპერატურის ანომალიების მსვლელობა, რაოდენ პარადოქსულადაც არ უნდა უღერდეს ეს, მეტნაკლებად მიახლოებული აღმოჩნდა გლობალურ საშუალოსთან, მაგრამ ზემოთ აღნიშნული 20-წლიანი პერიოდის დადებითმა ანომალიამ აქაც იჩინა თავი.

თბილისში ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვალებადობაზე გლობალური დათბობის გავლენის შესაფასებლად დეტალურად იქნა გაანალიზებული დაკვირვების მთელ რიგში (1844-2008) შემავალი როგორც სხვადასხვა სიდიდის დადებითი და უარყოფითი გადახრების განმეორადობები თვეების მიხედვით, ასევე მათი რაოდენობების სეზონური მსვლელობა ათწლეულების მიხედვით. IPCC რეკომენდაციით მიღებული პრაქტიკის თანახმად, გადახრები (ანომალიები) გაანგარიშებულ იქნა 1961-1990 წწ. საბაზისო პერიოდის (ნორმის) მიმართ.

ცხრილში 2.2.1.1 წარმოდგენილია ნორმიდან დადებითი გადახრების განაწილება თვეების მიხედვით მთელი საკვლევი პერიოდის მანძილზე. როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, ყველაზე მეტი განმეორადობით ხასიათდება საშუალოდ 0.1-0.9°C –ის მნიშვნელობების დადებითი გადახრები, რომლებიც თვეების მიხედვით მერყეობს 33-დან (თებერვალი) 51%-მდე (ოქტომბერი). საშუალო შეადგენს 41%-ს.

ცხრილი 2.2.1.1. თბილისში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი გადახრის განმეორადობები (%), 1844-2008

ინტერვალი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
0.1-0.9	34	33	42	37	38	44	44	42	48	51	45	38	41.3
1.0-1.9	33	35	26	31	40	37	38	46	36	29	40	34	35.4
2.0-2.9	22	22	18	18	13	11	11	10	10	16	12	20	15.3
3.0-3.9	8	8	12	11	6	7	7	2	5	4	2	7	6.6
4.0-4.9	2	1	2	2	2	1			1		1	1	1.1
5.0-5.9	1	1		1	1								0.3

რაც შეეხება ნორმიდან დიდი გადახრების განმეორადობებს, ისინი საკმაოდ მცირე ნორმიდან 5.0-5.9 °C–ის გადახრის განმეორადობა ძალზე მცირეა და შეადგენს მხოლოდ 0.3 %-ს.

ცხრილში 2.2.1.2 წარმოდგენილია ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან უარყოფითი გადახრების განაწილება წლის განმავლობაში. როგორც ვხედავთ, ამ შემთხვევაშიც დაიკვირვება ნორმიდან მცირე გადახრების საკმაოდ მნიშვნელოვანი განმეორადობები. -0.1,-0.9 °C-ის გადახრების განმეორადობები მერყეობს 35-დან (თებერვალი) 58%-მდე (ივნისი, ივლისი), საშუალო კი 46%-ს შეადგენს.

ამ ცხრილებიდან მიიღება აგრეთვე, რომ გასული საუკუნუნახევრის მანძილზე მკვეთრი დათბობები და აცივებები 2-3-ჯერ უფრო ხშირად ხდებოდა წლის ცივ პერიოდში, ვიდრე თბილში, ხოლო უმნიშვნელო აგრილებებს ყველაზე ხშირად ადგილი ჰქონდა წლის თბილ პერიოდში მაისიდან სექტემბრამდე.

ცხრილი 2.2.1.2. თბილისში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან უარყოფითი გადახრის განმეორადობები (%), 1844-2008

ინტერ- ვალი	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
-0.1,-0.9	37	35	42	38	54	58	58	52	45	46	50	41	46.3
-1.0,-1.9	25	26	35	41	40	39	37	40	36	35	31	32	34.9
-2.0,-2.9	19	20	14	17	13	3	5	7	19	13	11	19	12.6
-3.0,-3.9	9	12	5	3	6			1		5	5	4	3.7
-4.0,-4.9	7	6	4	1	2					1	3	3	2.1
-5.0,-5.9	3	1			1								0.3
-6.0,-6.9												1	0.1

ჩვენს მიერ განხილულ იქნა აგრეთვე თვის საშუალო ტემპერატურების ნორმიდან მნიშვნელოვანი გადახრების (>2°C) სეზონურ განმეორადობათა განაწილება ათწლეულების მიხედვით. შესაბამისი მასალები წარმოდგენილია ცხრილში 2.2.1.3.

ცხრილი 2.2.1.3. თბილისში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი (>2°C) და უარყოფითი (<-2°C) გადახრების რაოდენობათა სხვაობების სეზონური მსვლელობა ათწლეულების მიხედვით (1844-2008 წწ.)

ათწლეულები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
1844-1853	-1	3	1	2
1854-1863	-9	-4	3	-1
1864-1873	-2	3	2	2
1874-1883	-6	3	4	-2
1884-1893	-7	0	0	-1
1894-1903	1	-3	2	-7
1904-1913	-3	-2	-1	-3
1914-1923	3	3	0	0
1924-1933	10	1	4	2
1934-1943	2	2	1	3
1944-1953	-2	4	2	-3
1954-1963	13	6	2	-1
1964-1973	4	7	2	4
1974-1983	6	6	4	3
1984-1993	8	9	-1	1
1994-2003	1	1	3	1
2004-2008	1	2	4	0

შენიშვნა: ცალკეულ სეზონში დადებითი გადახრების რაოდენობის მეტობა უარყოფით გადახრებზე შეესაბამება დადებით რიცხვებს, ხოლო უარყოფითი გადახრების მეტობა იძლევა შესაბამის უარყოფით რიცხვს.

როგორც ამ ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, დადებითი და უარყოფითი განმეორადობების სხვაობის ნიშანი ხშირად იცვლება, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ სხვადასხვა ათწლეულებში ნორმიდან ხან ექსტრემალურად მაღალი, ხან კი ექსტრემალურად დაბალი გადახრები ჭარბობს. მაგრამ, ამავე დროს ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ საკმაოდ მკვეთრადაა გამოხატული ტენდენცია იმისა, რომ ათწლეულების მთლიანი რიგის პირველ ნახევარში, განსაკუთრებით

შემოდგომასა და ზამთარში, ჭარბობს ნორმიდან ექსტრემალურად დაბალი უარყოფითი გადახრების განმეორადობები, ხოლო ათწლეულების მეორე ნახევარში კი ნორმიდან ექსტრემალურად მაღალი დადებითი გადახრების განმეორადობები. აღნიშნული გარემოება მიუთითებს იმაზე, რომ ბოლო ათწლეულებში სიცივის ტალღებთან შედარებით მნიშვნელოვნადაა გააქტიურებული სითბოს ტალღების ზემოქმედება ამიერკავკასიაზე.

ამ მოსაზრების რაოდენობრივი დასაბუთებისათვის, ბოლო საუკუნენახევრის მანძილზე გლობალური ტემპერატურის ცვალებადობის გათვალისწინებით [12], ცხრილში 2.2.1.3 ჩვენს მიერ პირობითად გამოყოფილ იქნა სამი მიახლოებით 30-წლიანი ხანგრძლივობის პერიოდი:

- 1864-1893 (მცირე გადახრების მქონე შედარებით სტაბილური პერიოდი);
- 1924-1953 (დადებითი და უარყოფითი ტრენდების შემცველი გარდამავალი პერიოდი);
- 1974-2008 (ტემპერატურის პერმამენტული ზრდის პერიოდი);

ამ პერიოდებში წლის ოთხივე სეზონისათვის დადებითი და უარყოფითი გადახრების ჯამური რაოდენობები მოყვანილია ცხრილში 2.2.1.4.

ცხრილი 2.2.1.4. თბილისში საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი და უარყოფითი გადახრების ჯამური რაოდენობები დაკვირვების სხვადასხვა პერიოდებში

პერიოდი	დადებითი გადახრების რიცხვი	უარყოფითი გადახრების რიცხვი
1864-1893	+14	-18
1924-1953	+31	-5
1974-2008	+50	-1

ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემები აშკარად მეტყველებს იმაზე, რომ თუ XIX საუკუნის მეორე ნახევარში, ჰაერის გლობალური ტემპერატურის შედარებით სტაბილური რყევადობის პირობებში დადებითი და უარყოფითი გადახრების რაოდენობა თითქმის ერთნაირი იყო, 1930-იანი წლებიდან დაწყებული დათბობის შემდეგ დადებითი გადახრების რაოდენობამ თანდათან იმატა და მაქსიმალურ რაოდენობას მიაღწია 1970-იანი წლების შემდეგ.

რაც შეეხება გადახრების სეზონური განაწილების ცვლილებას, დაკვირვების მთელი პერიოდის სამ ქვეპერიოდად პირობითი დაყოფისას ცხრილიდან 2.2.1.3 მარტივად მიიღება შემდეგი სურათი (ცხრილი 2.2.1.5),

ცხრილი 2.2.1.5. თბილისში ტემპერატურის ნორმიდან დადებითი და უარყოფითი გადახრების სეზონური ჯამური მნიშვნელობების ცვლილება დაკვირვების სხვადასხვა პერიოდებში

სეზონი პერიოდი	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა
1844-1903	+1,-25	+9,-7	+12,0	+4,-11
ჯამური	-24	+2	+12	-7
1904-1953	+15,-5	+10,-2	+7,-1	+5,-6
ჯამური	+10	+8	+6	-1
1954-2008	+33,0	+31,0	+15,-1	+9,-1
ჯამური	+33	+31	+14	+8

რომელიც აშკარად მეტყველებს დათბობის პროცესების პრევალირებაზე ზამთრისა და ზაფხულის სეზონებში. განსაკუთრებით მკვეთრია განსხვავება პირველ და ბოლო ქვეპერიოდებს შორის, როდესაც გადახრების ჯამური მაჩვენებელი ზამთარში შეიცვალა -24- დან +33- მდე, ხოლო გაზაფხულზე +2- დან +31-მდე.

ამრიგად, მოცემულ პარაგრაფში მოყვანილი მონაცემების თანახმად, გასული საუკუნენახევრის განმავლობაში თბილისში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვალებადობის ანალიზი მოწმობს, რომ ბოლო 130 წლის მანძილზე ტემპერატურამ მოიმატა 1.0°C-ით და 2010 წლისთვის მისმა საშუალო ტრენდულმა მნიშვნელობამ მიაღწია 13.5°C

1906-2005 წწ. პერიოდში ტემპერატურების 10-წლიანი საშუალოების დადებითმა გადახრებმა 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში განსაკუთრებით მზარდი ტენდენცია გამოავლინა 1930-1940 და 1950-1970 წწ. შუალედებში, აგრეთვე 1990 წლის შემდგომ პერიოდში, როდესაც ნორმიდან გადახრამ მიაღწია სარეკორდო მნიშვნელობას +0.7°C.

1960-1980 წწ. პერიოდში თბილისში აღინიშნა მნიშვნელოვანი დათბობა ნორმიდან 0.4-0.6°C გადახრით, მაშინ, როდესაც ევროპისა და აზიის კონტინენტებზე ეს სიდიდე არ აღემატებოდა 0.1-0.2°C ბოლო ათწლეულში ტემპერატურის დადებითი ანომალია თბილისში დაემთხვა შესაბამის გლობალურ მნიშვნელობას (0.7°C) და ნაკლები აღმოჩნდა როგორც ევროპის (0.9°C), ასევე აზიის (1.1°C) კონტინენტებზე დაფიქსირებულ გასაშუალებულ გადახრებზე.

რაც შეეხება 1844-2008 წწ. პერიოდში თბილისში ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან გადახრებს, ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ:

- ყველაზე მაღალი განმეორადობით ხასიათდება ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მცირე გადახრები (41 და 46% შესაბამისად);

- საკმაოდ მაღალია განმეორადობები თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან მნიშვნელოვანი დადებითი გადახრის (>2 °C), რომელიც თვეების მიხედვით მერყეობს 12-დან (აგვისტო) 33%-მდე (იანვარი);

- ნორმიდან თვის საშუალო ტემპერატურის ყველაზე მაღალი დადებითი გადახრა დაფიქსირებულია ინტერვალში 5.0-5.9 °C ხოლო ყველაზე დაბალი უარყოფითი გადახრა ინტერვალში -6.0,-6.9 °C.

ბოლო ათწლეულებში დაფიქსირებულია თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან მნიშვნელოვანი დადებითი გადახრის (>2°C) განმეორადობის სიჭარბე მნიშვნელოვანი უარყოფითი გადახრის (<-2°C) განმეორადობაზე. კერძოდ, 1974-2008 წწ. პერიოდში დადებითი გადახრების სიჭარბემ უარყოფით გადახრებზე წლიურ ჭრილში შეადგინა 50 შემთხვევა, ხოლო უარყოფითი გადახრების სიჭარბემ დადებით გადახრებზე – მხოლოდ ერთი, მაშინ როდესაც XIX საუკუნის მეორე ნახევარში გადახრების რიცხვი დაახლოებით ერთნაირი იყო. დადებითი გადახრების რაოდენობამ ბოლო პერიოდში განსაკუთრებით იმატა ზამთრისა და გაზაფხულის სეზონებში.

დამატებითმა ანალიზმა ცხადყო აგრეთვე, რომ 1980-იანი წლებიდან აღნიშნულია თვის საშუალო ტემპერატურის ნორმიდან ექსტრემალურად მაღალი დადებითი გადახრების (>3°C) 15, ხოლო ექსტრემალურად დაბალი უარყოფითი გადახრების (<-3°C) მხოლოდ 5 შემთხვევა.

ტემპერატურის სეზონური ცვლილების რაოდენობრივი შეფასებისთვის, მონაცემთა მისაწვდომობის გათვალისწინებით, თბილისში, ისევე როგორც დანარჩენ ორ საკვანძო მეტეოსადგურზე, გამოყოფილ იქნა დროის საუკუნოვანი

შუალედი, გასული საუკუნის დასაწყისიდან 2000-იანი წლების პირველი 6-8 წლის ჩათვლით. გლობალური ეფექტის გამოსავლენად ეს შუალედი პირობითად დაყოფილ იქნა 3 პერიოდად, რომელთაგან ბოლო მონაკვეთი აღებულია დათბობის ეფექტის გლობალურ გამოვლინებასთან დაკავშირებული 1974-2007 (± 1) წლები, ხოლო წინა (± 1) მონაკვეთებად – ასევე 30 წელზე მეტი ხანგრძლივობის მოსაზღვრე 1934-1973 წწ. და საწყისი 1904 (1906)-1933 წწ. პერიოდები. დროის აღნიშნული პერიოდები დაყოფილ იქნა ათწლეულებად და თვის საშუალო ტემპერატურის ყოველ-წლიური მონაცემები გასაშუალოვდა ამ ათწლეულებში სეზონების მიხედვით.

აქვე შევნიშნავთ, რომ ამჟამად მიღებული წარმოდგენების თანახმად [25], კლიმატური პერიოდის ოპტიმალურ ხანგრძლივობად მიიჩნევა 30 წელი, თუმცა რიგ კონკრეტულ შემთხვევებში შესაძლებელია პერიოდების გამოყენება 20-40 წლის ფარგლებში.

თბილისისთვის არსებული მონაცემთა მასივის ამგვარი მეთოდით დამუშავების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 2.2.1.6, საიდანაც მიიღება გავლილი საუკუნის მანძილზე საშუალო სეზონური ტემპერატურის ცვლილების სურათი ბოლო და მის წინა ორ კლიმატურ პერიოდს შორის (ცხრილი 2.2.1.7).

ცხრილი 2.2.1.6. თბილისში ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ცვალებადობა ათწლეულების მიხედვით

სეზონი ათწლეულები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
1904-1913	1.7	11.4	23.0	13.7	12.4
1914-1923	2.8	12.3	22.7	13.5	12.8
1924-1933	1.2	12.0	23.4	14.3	12.7
პერიოდის საშუალო	1.9	11.9	23.0	13.8	12.6
1934-1943	2.6	11.8	23.7	14.4	13.1
1944-1953	2.3	12.3	23.5	13.5	12.9
1954-1963	3.5	12.3	23.5	13.9	13.3
1964-1973	2.8	12.9	23.4	14.1	13.3
პერიოდის საშუალო	2.8	12.3	23.5	14.0	13.2
1974-1983	3.2	12.7	23.4	13.9	13.3
1984-1993	2.9	12.5	23.6	13.9	13.2
1994-2003	2.3	12.4	24	14.2	13.5
2004-2008	2.9	12.7	24	14.3	13.7
პერიოდის საშუალო	3.1	12.6	23.8	14.1	13.4

ამ საბოლოო ცხრილიდან (ცხრილი 2.2.1.7) ჩანს, რომ გლობალური დათბობის შედეგად ბოლო 35 წლის მანძილზე წინა 40-წლიან კლიმატურ პერიოდთან შედარებით (III-II) ჰაერის საშუალო ტემპერატურა თბილისში გაიზარდა ყველა სეზონებში და, შესაბამისად, წლიურ ჭრილშიც. ყველაზე ნაკლები ცვლილება განიცადა შემოდგომის ტემპერატურებში. გაცილებით მეტი ცვლილება სეზონური და წლიური ტემპერატურებისთვის დაფიქსირდა გავლილი საუკუნის ბოლო და საწყის კლიმატურ პერიოდებს შორის, სადაც

ტემპერატურის ნაზრდმა შეადგინა 0.8-1.2°C გარდა შემოდგომისა, რომლისთვისაც ნამატი 0.3°C -ის ტოლი აღმოჩნდა.

ცხრილი 2.2.1.7. თბილისში ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური

მნიშვნელობების ცვლილება (°C) ბოლო და მის წინა კლიმატურ პერიოდებს შორის. თბილისი, 1904-2008

სეზონი ათწლეულები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
1904-1913	1.9	11.9	23.0	13.8	12.6
1934-1973	2.8	12.3	23.5	14.0	13.2
1974-2008	3.1	12.6	23.8	14.1	13.4
სხვაობა (III-II)	+0.3	+0.3	+0.3	+0.1	+0.2
სხვაობა (III-I)	+1.2	+0.7	+0.8	+0.3	+0.8

თბილისისთვის, ისევე როგორც სხვა საკვანძო სადგურებისთვის მიღებული წლიური და სეზონური ტემპერატურული სხვაობების ნიშნადობის დონის შეფასებები მოყვანილია დანართში II. მიღებული შედეგი ზოგად თანხმობაშია ცხრილი 2.2.1.5-ის საფუძველზე გაკეთებულ დასკვნებთან ზამთარსა და გაზაფხულზე მიმდინარე დათბობის შესახებ. ამავე დროს იგი მიუთითებს იმაზე, რომ ზაფხულში საშუალო ტემპერატურის ზრდა უმეტესწილად გამოწვეულია შედარებით მცირე (<2°C), მაგრამ ხშირი დადებითი ანომალიებით, ხოლო შემოდგომაზე მნიშვნელოვანი დადებითი ანომალიების წვლილი უმეტესად ნეიტრალდება ასევე ხშირი, მაგრამ უარყოფითი ანომალიებით. გავლილი საუკუნის მანძილზე საშუალო წლიური ტემპერატურის ნაზრდმა შეადგინა 0.8°C, რაც პრინციპში ემთხვევა პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში მიღებულ შედეგს.

გარკვეული განსხვავება (0.2°C) ნახ. 2.2.1.1-დან მიღებული შედეგისაგან აიხსნება იმით, რომ ამ გრაფიკში შესულია XIX საუკუნის ბოლო ოცწლეულის მონაცემები, რომლებიც ხასიათდებოდა შესამჩნევად დაბალი წლიური ტემპერატურებით. ეს გარემოება კი ზრდის XXI საუკუნის დასაწყისისთვის მიღებული ტემპერატურის ნამატის სიდიდეს.

რაც შეეხება ჰაერის ტემპერატურის ექსტრემალური მნიშვნელობების ცვლილებას, მონაცემთა თავსებადობის უზრუნველსაყოფად გარემოს ეროვნულ სააგენტოში არსებული 1905-2006 წწ. უწყვეტ დაკვირვებათა რიგი ასევე პირობითად დაყოფილ იქნა იგივე 3 კლიმატურ პერიოდად, რომლებშიც შევიდა ყოველი შემადგენელი წლის თითო-თითო აბსოლუტური მაქსიმუმი და აბსოლუტური მინიმუმი (ცხრ. 2.2.1.8).

ცხრილი 2.2.1.8. ჰაერის ტემპერატურის ექსტრემალური მნიშვნელობების საშუალოები (°C) ბოლო და მის წინა ორ კლიმატურ პერიოდში. თბილისი, 1905-2006

კლიმატური პერიოდი	აბსოლუტური მაქსიმუმი	აბსოლუტური მინიმუმი
1905-1933 (I)	36.9	-10.0
1934-1973 (II)	37.2	-9.7
1974-2006 (III)	37.0	-8.5
სხვაობა (III-II)	-0.2	1.2
სხვაობა (III-I)	0.1	1.5

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ გავლილი საუკუნის მანძილზე კლიმატურ პერიოდებში გასაშუალოებული ტემპერატურის აბსოლუტური მაქსიმუმები პრაქტიკულად არ შეცვლილა, თუმცა ამავე დროს აღინიშნა აბსოლუტური მინიმუმების შესამჩნევი მატება დათბობის მიმართულებით. კერძოდ, საუკუნის პირველ მესამედთან შედარებით ტემპერატურის ნაზრდმა ბოლო მესამედში შეადგინა 1.5.

დანარჩენი ორი საკვანძო სადგურისთვის დაკვირვების სრულფასოვანი რიგების უქონლობის გამო ანალოგიური შეფასების ჩატარება შეუძლებელი აღმოჩნდა.

2.2.2. ქუთაისი

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ჰაერის ტემპერატურაზე რეგულარული დაკვირვებები ქუთაისში დაიწყო 1885 წლიდან, თუმცა უწყვეტი, 1928 წლამდე ნაწილობრივ აღდგენილი ყოველთვიური მონაცემები ამ სადგურისთვის არსებობს 1906 წლიდან. რაც შეეხება წინა პერიოდს, 1885-1905 წწ. საშუალო წლიური მნიშვნელობები აღდგენილი იქნა ფოთის მეტეოსადგურის დაკვირვებებით, სადაც მრავალწლიური კლიმატური მონაცემების თანახმად, საშუალო წლიური ტემპერატურა მხოლოდ $0.1-0.2^{\circ}\text{C}$ – ით ნაკლებია ქუთაისის შესაბამის მნიშვნელობაზე. ამავე მონაცემების თანახმად, კორელაციის კოეფიციენტი აღნიშნულ ორ სადგურზე საშუალო წლიურ ტემპერატურებს შორის შეადგენს 0.95.

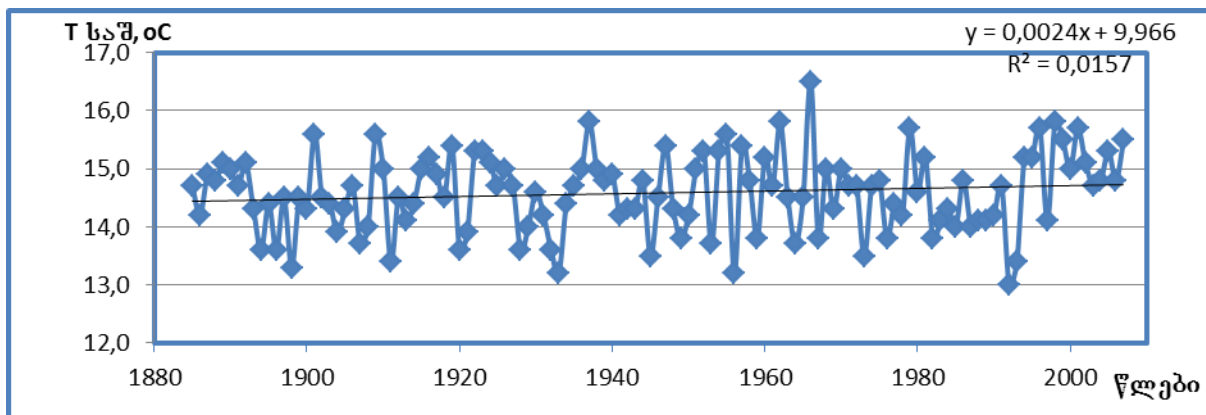
ქუთაისში წლის საშუალო ტემპერატურის გასული 120-ზე მეტი წლის მანძილზე რყევადობის გრაფიკი მოყვანილია ნახაზზე 2.2.2.1, საიდანაც ვრფივი ტრენდით აპროქსიმაციის შემთხვევაში მიიღება, რომ გავლილ პერიოდში საშუალო წლიური ტემპერატურა გაიზარდა 14.4 -დან 14.7°C -მდე.

ამ ნახაზის შედარება თბილისის შესაბამის მონაცემებთან (ნახ. 2.2.1.1) ცხადყოფს, თუ რამდენად განსხვავებულია გლობალურ დათბობაზე კლიმატის რეაგირება საქართველოს დასავლეთ და აღმოსავლეთ რეგიონებში. კერძოდ, ჰაერის ტემპერატურის საუკუნოვანი ნაზრდი აღმოსავლეთ საქართველოში 3-ჯერ მეტი აღმოჩნდა დასავლეთ საქართველოს შესაბამის მაჩვენებელზე. ბევრ შემთხვევაში განსხვავებულია ექსტრემალურად თბილი და ცივი წლებიც, თუმცა ეს არ ითქმის რეკორდულად გამორჩეულ 1966 წელზე, როდესაც საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ უჩვეულოდ მაღალ მნიშვნელობებს მიაღწია საქართველოს თითქმის ყველა მეტეოსადგურზე.

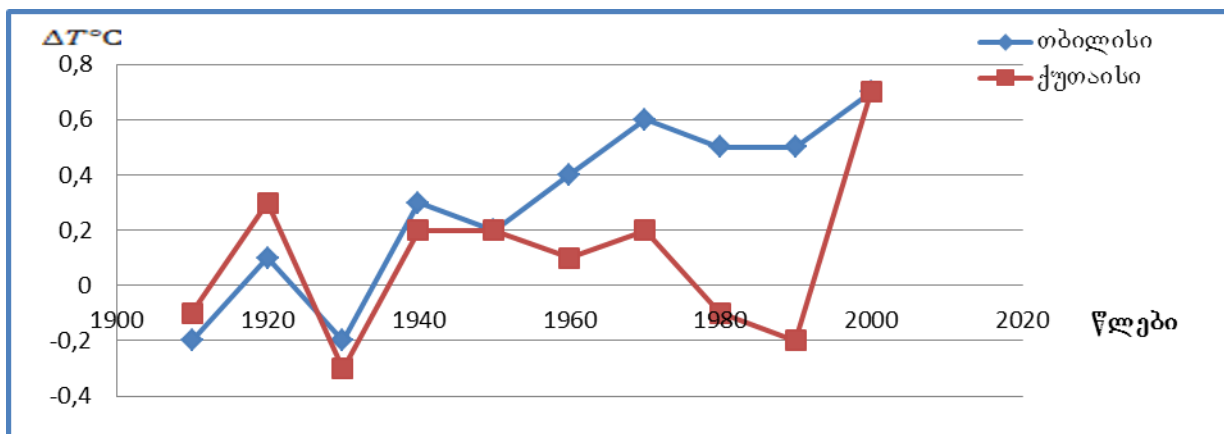
საუკუნის განმავლობაში ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების რყევადობის დასადგენად, თბილისის ანალოგიურად, ქუთაისისთვისაც გაანალიზებულ იქნა ამ საშუალოების გადახრები 1906-2005წწ პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოს მიმართ, რომელიც ტოლია 14.5°C . ამ გადახრების მსვლელობა, თბილისის მონაცემებთან ერთად, წარმოდგენილია ნახაზზე 2.2.2.2.

ამ საგულისხმო ნახაზიდან ჩანს, რომ გასული საუკუნის დასაწყისიდან მის შუა პერიოდამდე ათწლიანი საშუალო ტემპერატურის ანომალიები თბილისსა და ქუთაისში სინქრონულად იცვლებოდა და პრაქტიკულად მცირედ, უმეტეს შემთხვევაში $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ფარგლებში განსხვავდებოდა ერთმანეთისაგან. 1950-იანი წლებიდან, დაიკვირვება მკვეთრი სხვაობა ანომალიების მსვლელობაში, რაც გამოიხატება თბილისში ანომალიების დადებით მნიშვნელობების, ხოლო ქუთაისში უარყოფითი მნიშვნელობების ზრდის ტენდენციაში. 1990-იანი წლებისთვის ანომალიებს შორის სხვაობამ მიაღწია მაქსიმალურ მნიშვნელობას

(0.7°C), რის შემდეგაც ქუთაისში დაიწყო მკვეთრი დათბობა და 2000-იანი წლების დასაწყისში ანომალიებმა ორივე მეტეოსადგურზე შეადგინა 0.7°C.



ნახ. 2.2.2.1. საშუალო წლიური ტემპერატურის რეგულაცია ქუთაისში 1885-2007 წწ. პერიოდში.



ნახ. 2.2.2.2. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები თბილისსა და ქუთაისში 1906-2005წწ. პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.

მოვლენათა აღნიშნულ მსვლელობას შემდეგი ახსნა გააჩნია. თანახმად IPCC მეორე ხუთწლიან ანგარიშში [13] (გვ.144) მოყვანილი მონაცემებისა XX საუკუნის მეორე ნახევარში კლიმატის გლობალური ცვლილების შესახებ, 1955-1974 და 1975-1994 წლების ტემპერატურის წლიური საშუალოების შედარებამ გამოავლინა გლობალური დათბობის ფონზე აგრილების 6 რეგიონის არსებობა, რომელთაგან ერთ-ერთი მოიცავს შავი ზღვის აუზს და ხმელთაშუა ზღვის აუზის აღმოსავლეთ ნაწილს. ამავე მონაცემებით, კასპიის ზღვის აუზში და მის აღმოსავლეთით ხსენებულ პერიოდში აღინიშნა დათბობა. იმავე პერიოდებს შორის ტემპერატურის ცვლილების სეზონურ საშუალოების ანალიზმა აჩვენა, რომ დასავლეთ საქართველოში აგრილებას ადგილი ჰქონდა შემოდგომასა და ზამთარში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში – შემოდგომაზე. სხვა სეზონებში ორივე რეგიონში აღინიშნებოდა დათბობა.

სულ სხვა სურათი დაფიქსირდა 10 წლის შემდეგ, IPCC მეოთხე ანგარიშში [12] (გვ. 37) მოყვანილ მონაცემებში, რომლებიც აღწერს მიწისპირა ტემპერატურის ცვლილებას 1979-2005 წწ. პერიოდში. ამ რუკის თანახმად,

დათბობამ უკვე მთლიანად მოიცვა ევრაზიისა და ჩრდილო ამერიკის კონტინენტები, აგრეთვე აფრიკის თითქმის მთელი ტერიტორია. აგრილების ზონებმა გადაინაცვლა წყნარი, ატლანტისა და ინდოეთის ოკეანეების სამხრეთ ნაწილებში და ანტარქტიდაში.

ამრიგად, ნახაზზე 2.2.2.2 მოყვანილი მონაცემები წლიური ტემპერატურების 10-წლიანი საშუალოების ანომალიების საუკუნოვანი მსვლელობის შესახებ საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, რომ გავლილი საუკუნის პირველ ნახევარში, როდესაც 1910-1940 წლებში დათბობის აშკარად გამოვლენილი ტრენდის მიუხედავად, გლობალურ დათბობას ჯერ არ მიუღია საგანგაშო მასშტაბები, წლიური ტემპერატურების ანომალიების მსვლელობა საქართველოს დასავლეთ და აღმოსავლეთ რეგიონებში მეტნაკლებად სინქრონულად მიმდინარეობდა. 1950-იანი წლებიდან აღინიშნებოდა არსებითი სხვაობა ტრენდებს შორის აღმოსავლეთ საქართველოში დათბობის მიმართულებით, თუმცა 1990-იანი წლებიდან, ზოგადად ჩრდილო ნახევარსფეროში დათბობის პროცესის პრევალირების შედეგად, ეს სხვაობა წაიშალა და საქართველოს ორივე რეგიონში ბოლო 15 წლის მანძილზე აღინიშნა ტემპერატურის ზრდის ტენდენცია.

ისევე, როგორც თბილისის შემთხვევაში, ტემპერატურის ცვლილების სეზონური ხასიათის დასადგენად ათწლეულების მიხედვით გაანალიზდა თვის საშუალო ტემპერატურების არსებული რიგები 1906-2007 წწ. პერიოდში. თბილისის მონაცემებთან თავსებადობის შესანარჩუნებლად პირველ ქვეპერიოდში წლების რაოდენობამ 10-ის ნაცვლად შეადგინა 8. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2.2.2.1, ხოლო ამ შედეგებიდან გამომდინარე მონაცემები კლიმატურ პერიოდებს შორის სეზონური და წლიური ტემპერატურის ცვლილების შესახებ—ცხრილში 2.2.2.2.

ცხრილი 2.2.2.1. ქუთაისში ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ცვალებადობა ათწლეულების მიხედვით (1906-2008)

სეზონი ათწლეულები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
1906-1913	5.6	13.2	23.2	16.2	14.5
1914-1923	6.6	13.6	23.1	16.2	14.9
1924-1933	5.5	13.4	23.4	16.6	14.7
პერიოდის საშუალო	5.9	13.4	23.2	16.3	14.7
1934-1943	6.4	13.2	22.9	16.7	14.8
1944-1953	6.1	13.2	22.6	16.0	14.5
1954-1963	7.1	13.1	23.0	16.2	14.8
1964-1973	6.3	13.8	22.3	16.0	14.6
პერიოდის საშუალო	6.5	13.3	22.7	16.2	14.7
1974-1983	6.3	13.5	22.1	16.0	14.5
1984-1993	5.3	13.2	22.1	15.4	14.0
1994-2003	6.9	13.9	23.2	16.7	15.1
2004-2008	6.4	13.6	23.7	16.8	15.2
პერიოდის საშუალო	6.2	13.6	22.8	16.2	14.7

ცხრილი 2.2.2.2. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ცვლილება (°C) ბოლო და მის წინა კლიმატურ პერიოდებს შორის. ქუთაისი, 1904-2008.

სეზონი ათწლეულები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
1906-1933 (I)	5.9	13.4	23.2	16.3	14.7
1934-1973 (II)	6.5	13.3	22.7	16.2	14.7
1974-2007 (III)	6.2	13.6	22.8	16.2	14.7
სხვაობა (III-II)	-0.3	+0.3	+0.1	0.0	0.0
სხვაობა (III-I)	+0.3	+0.2	-0.4	-0.1	0.0

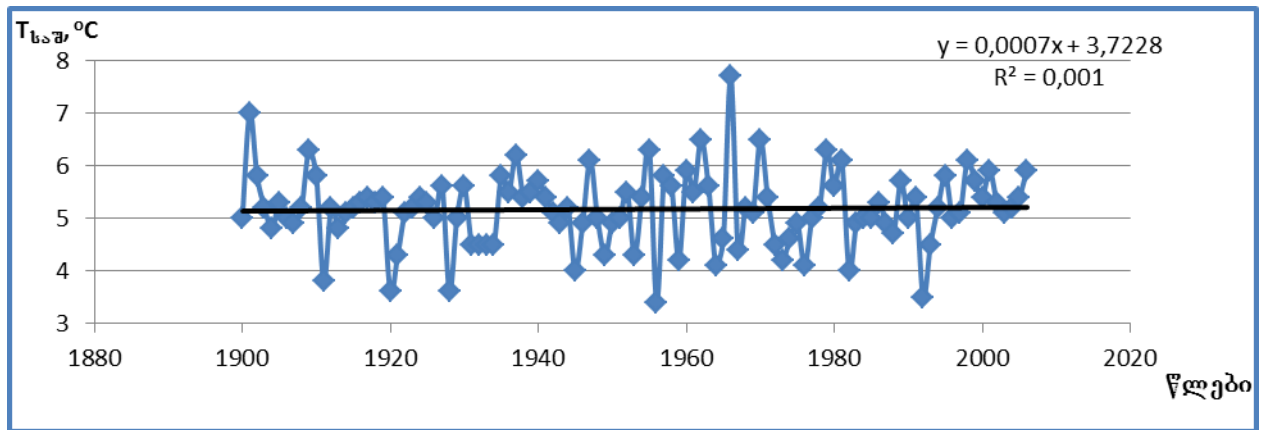
როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, ქუთაისში გლობალური დათბობის ეფექტი თბილისთან შედარებით მეტად განსხვავებული სახით მუდავნდება. კერძოდ, ეს გამოიხატება 2 კლიმატურ პერიოდს შორის ზამთარში აგრილებით, აგრეთვე პრაქტიკულად ნულოვანი ცვლილებით სხვა სეზონებში და წლიურ ჭრილში გარდა გაზაფხულისა, როდესაც სეზონურმა ტემპერატურამ იმავე სიდიდით მოიმატა, რაც თბილისში. დროის უფრო ხანგრძლივ პერიოდში, გასული საუკუნის პირველ მესამედთან შედარებით, მცირე დათბობა აღინიშნა გაზაფხულზედაც, თუმცა მნიშვნელოვანი აგრილება დაფიქსირდა ზაფხულის სეზონში. სეზონური ტემპერატურის ცვლილების ეს თავისებურებები გასათვალისწინებელია ამჟამად მიმდინარე გლობალური დათბობის პირობებში 2050 წლამდე დასავლეთ საქართველოს რეგიონში კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების პროგნოზირებისას.

2.2.3. ახალქალაქი

ახალქალაქში ჰაერის ტემპერატურაზე 1900 წელს დაწყებული დაკვირვების რიგები შეიცავს 1911-1926 წლებში თვის საშუალო ტემპერატურაზე ნაწილობრივ აღდგენილ მონაცემებს, რომლებიც გამოყენებული იყო პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში საქართველოს ტერიტორიაზე XX საუკუნის განმავლობაში კლიმატის ცვლილების შესაფასებლად. რაც შეეხება ბოლო 10 წლის მანძილზე საშუალო თვიური ტემპერატურის ცვალებადობას, მონაცემთა მიუწვდომლობის გამო ეს სიდიდეები აღდგენილ იქნა მსგავს კლიმატურ პირობებში მეოფი წალკის მეტეოსადგურის მასალებით, სადაც წლის საშუალო ტემპერატურა, მრავალწლიური კლიმატური მონაცემების თანახმად, მხოლოდ 1.0°C-ით აღემატება ახალქალაქის ტემპერატურას.

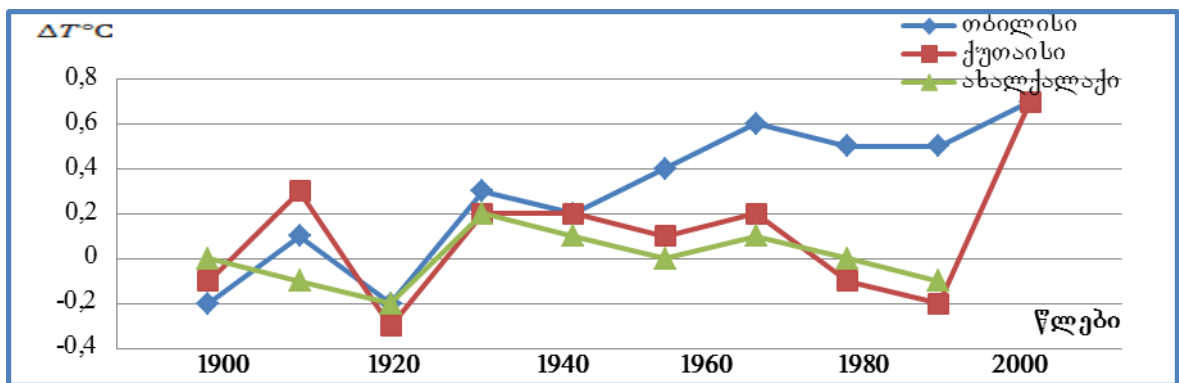
საცნობარო ლიტერატურაში [7] გამოქვეყნებული, 1951-1965 წლების სინქრონული დაკვირვებების მონაცემების მიხედვით, კორელაციის კოეფიციენტი საშუალო წლიურ ტემპერატურებს შორის წალკასა და ახალქალაქში შეადგენს 0.94, რაც მოწმობს ზემოთ ხსენებული აღდგენის პროცედურის მაღალ საიმედოობას.

ახალქალაქში წლის საშუალო ტემპერატურის გასული საუკუნის განმავლობაში რყევადობის გრაფიკი მოცემულია ნახაზზე 2.2.3.1, საიდანაც წრფივი ტრენდით აპროქსიმაციისას მიიღება, რომ დროის განხილულ პერიოდში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა თითქმის არ შეცვლილა და მისი ნაზრდი შეიძლება შეფასდეს მხოლოდ 0.1-0°C-ით.



ნახ. 2.2.3.1. საშუალო წლიური ტემპერატურის რეგედალობა ახალქალაქში 1900-2006 წწ.პერიოდში.

ამ გრაფიკის შედარება თბილისისა და ქუთაისის სათანადო მონაცემებთან აშკარად მეტყველებს იმაზე, რომ გლობალურ დათბობაზე თერმული რეჟიმის რეაგირების თვალსაზრისით ზემოთ ნახსენები სამცხე-ჯავახეთის კლიმატური ქვეოლქი გაცილებით უფრო ახლოსაა დასავლეთ საქართველოს კლიმატურ ოლქთან, ვიდრე აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონთან. ეს დასკვნა, რომელიც აგრეთვე გამოძინარეობს პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში მიღებული შედეგებიდან, კიდევ უფრო მყარდება ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების ანომალიების ახალქალაქში მსვლელობის განხილვისას, რის შესახებაც მონაცემები, თბილისისა და ქუთაისის შესაბამის სიდიდეებთან ერთად, მოყვანილია ნახაზზე 2.2.3.2.



ნახ. 2.2.3.2. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები კლიმატური ოლქების მახასიათებელ სადგურებზე 1906-2005 წწ. პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.

ამ ნახაზზე საგულისხმოა ის გარემოება, რომ გასული საუკუნის 20-იანი წლების მეორე ნახევრიდან ტემპერატურული ანომალიების მსვლელობა ქუთაისისა და ახალქალაქში პრაქტიკულად იდენტურია, თუმცა 1990-იანი წლებიდან ტემპერატურის ზრდის სიჩქარემ ქუთაისში თითქმის ორჯერ გადააჭარბა ახალქალაქის ანალოგიურ მაჩვენებელს. რაც შეეხება 1920-იანი წლების დასაწყისისთვის დანარჩენ ორ რეგიონში ანომალიების მსვლელობიდან ახალქალაქში დაფიქსირებულ გადახრას, იგი შეიძლება განპირობებულ იყოს 1911-1926 წლებში ტემპერატურული რიგების აღდგენის უზუსტობით.

მიღებული შედეგი თანხმობაშია შრომაში [4] გაკეთებულ დასკვნასთან, რომლის თანახმად გლობალურ დათბობაზე საქართველოს მთიანი და მაღალმთიანი რაიონების (რომელთაც მიეკუთვნება ჯავახეთის მთიანეთი) რეგირება ანალოგიურია ჰუმიდური ლანდშაფტების რეაგირებისა, რომლებიც დასავლეთ საქართველოს უმეტეს ნაწილს ახასიათებს.

რაც შეეხება გავლილ საუკუნეში ახალქალაქში ტემპერატურის სეზონური მნიშვნელობების ცვალებადობას, მის დასადგენად, ისევე როგორც თბილისისა და ქუთაისისთვის, გაანალიზდა თვის საშუალო ტემპერატურების რიგები 1904-2006 წწ. პერიოდში. 2007 წლიდან ახალქალაქის მეტეოსადგურის გაუქმების შედეგად უფრო გვიანი მონაცემები აღარ არსებობს. სეზონებად გაერთიანებული თვის ეს საშუალოები, გაყოფილი ათწლეულებად და პირობითად გაერთიანებული 3 კლიმატურ პერიოდად, მოყვანილია ცხრილში 2.2.3.1, ხოლო ამ შედეგებიდან გამომდინარე მონაცემები კლიმატურ პერიოდებს შორის სეზონური და წლიური ტემპერატურის ცვლილების შესახებ – ცხრილში 2.2.3.2.

ცხრილი 2.2.3.1. ახალქალაქში ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ცვალებადობა ათწლეულების მიხედვით (1904-2006)

სეზონი ათწლეულები	ზამთარი	ბაზაფსულის გაზაფსული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
1904-1913	-6.0	3.8	15.1	7.4	5.1
1914-1923	-5.3	4.3	14.3	6.6	4.8
1924-1933	-6.8	3.9	15.1	7.4	4.9
პერიოდის საშუალო	-6.0	4.0	14.8	7.1	5.0
1934-1943	-5.0	4.0	15.1	7.5	5.4
1944-1953	-6.1	4.2	14.9	6.7	4.9
1954-1963	-4.4	4.3	14.9	6.8	5.4
1964-1973	-5.3	4.6	14.5	6.7	5.1
პერიოდის საშუალო	-5.2	4.3	14.8	6.9	5.2
1974-1983	-5.4	4.4	14.5	6.6	5.0
1984-1993	-5.9	4.2	14.7	6.6	4.9
1994-2003	-5.2	4.7	15.5	7.1	5.5
2004-2006	-5.8	5.0	15.9	7.1	5.6
პერიოდის საშუალო	-5.6	4.6	15.2	6.8	5.2

ცხრილი 2.2.3.2. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ცვლილება (°C) ბოლო და მის წინა კლიმატურ პერიოდებს შორის. ახალქალაქი, 1904-2006

სეზონი ათწლეულები	ზამთარი	ბაზაფსულის გაზაფსული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
1904-1933 (I)	-6.0	4.0	14.8	7.1	5.0
1934-1973 (II)	-5.2	4.3	14.8	6.9	5.2
1974-2006 (III)	-5.6	4.6	15.2	6.8	5.2
სხვაობა (III-II)	-0.4	+0.3	+0.4	-0.1	0.0

სხვაობა (III-I)	+0.4	+0.6	+7.1	-0.3	+0.2
-----------------	------	------	------	------	------

როგორც ამ ცხრილიდან ირკვევა, გლობალური დათბობის ზეგავლენით ახალქალაქში ბოლო კლიმატურ პერიოდში წინა პერიოდთან შედარებით, მსგავსად ქუთაისისა აგრილდა, ხოლო გაზაფხულსა და ზაფხულში დათბა. შემოდგომაზე გავლილი საუკუნის მანძილზე აგრილებამ ახალქალაქში უფრო მკვეთრი ხასიათი მიიღო, ვიდრე ქუთაისში.

სამივე მახასიათებელი სადგურისთვის საშუალო სეზონური და წლიური ტემპერატურის კლიმატურ პერიოდებს შორის საუკუნოვანი ცვლილებების შესახებ მონაცემები თავმოყრილია ცხრილში 2.2.3.3, რომელიც აადვილებს გლობალურ დათბობაზე საქართველოს სამი განსხვავებული კლიმატური ოლქის რეაგირების შეფასებას. კერძოდ, ამ ბოლო ცხრილიდან ნათლად ჩანს, რომ უკანასკნელი სამი ათწლეულის განმავლობაში კლიმატის მიმდინარე გლობალურმა ცვლილებამ საქართველოს ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე დათბობა გამოიწვია მხოლოდ გაზაფხულის სეზონში და საშუალო სეზონური ტემპერატურის ნამატი აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოში ბოლო დამის წინა კლიმატურ პერიოდს შორის ორჯერ ნაკლებია გასული საუკუნის პირველ მესამედთან შედარებით მიღებულ სიდიდეზე. დანარჩენ სამ სეზონში ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილებამ საკმაოდ ნაირფეროვანი სახე მიიღო. კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოში დაფიქსირდა ოთხივე სეზონისა და წლიური ტემპერატურის მატება, მაშინ როდესაც უახლოეს კლიმატურ პერიოდთან შედარებით დასავლეთ საქართველოსა და სამცხე-ჯავახეთში ზამთარში და შემოდგომაზე აგრილდა, ხოლო საშუალო წლიური ტემპერატურა ორ რეგიონში ჯერჯერობით პრაქტიკულად არ შეცვლილა.

ცხრილი 2.2.3.3. საკვანძო სადგურებზე ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ცვლილება (°C) გავლილი საუკუნის 3 თანმიმდევრულ კლიმატურ პერიოდებს შორის

სადგური	პერიოდები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
თბილისი	III-II	+0.3	+0.3	+0.3	+0.1	+0.3
	III-I	+0.9	+0.7	+0.8	+0.3	+0.7
ქუთაისი	III-II	-0.3	+0.3	+0.1	0.0	0.0
	III-I	+0.3	+0.2	-0.4	-0.1	0.0
ახალქალაქი	III-II	-0.4	+0.3	+0.4	-0.1	0.0
	III-I	+0.4	+0.6	+0.4	-0.3	+0.2

კლიმატური პერიოდების აღნიშვნა: 1904–1933 (I), 1934–1973–(II), 1974–2007–(III)

ბოლო ცხრილში მოყვანილი შედეგების შედარება ნახაზ 2.2.3.2-დან გამომდინარე შედეგებთან საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, რომ გლობალური დათბობის გავლენა საქართველოს ტერიტორიის ტემპერატურულ რეჟიმზე, რომელიც ბოლო 35 წლის მანძილზე, საშუალო წლიური ტემპერატურის ჭრილში, მკაფიოდ გამოიხატა მხოლოდ აღმოსავლეთ საქართველოში, უკანასკნელი 10 წლის მანძილზე შესამჩნევად დაეტყო დანარჩენ ორ კლიმატურ რეგიონსაც. თუმცა, დათბობის ამ შედეგებით ხანმოკლე პერიოდმა ჯერჯერობით ვერ მოახდინა არსებითი გავლენა დასავლეთ საქართველოსა და სამცხე-ჯავახეთის საშუალო წლიურ ტემპერატურაზე ზემოთ ხსენებული კლიმატური პერიოდის ფარგლებში.

2.3. ნალექთა წლიური და სეზონური ჯამების ცვალებადობა მახასიათებელ მეტეოსადგურებზე

2.3.1. თბილისი

ატმოსფერულ ნალექებს, ისევე როგორც ჰაერის ტემპერატურას, ძირითადი როლი მიუძღვის მოცემული ტერიტორიის კლიმატის ჩამოყალიბებაში. თბილისში სისტემატური დაკვირვებების წარმოება ნალექებზე ჰაერის ტემპერატურასთან ერთად დაიწყო 1844 წლიდან, დაკვირვების მონაცემები ხასიათდებოდა გარკვეული ხარვეზებით. ეს ძირითადად დაკავშირებული იყო ამ პერიოდში დაკვირვების ადგილის ცვალებადობასთან. მიუხედავად ამისა, ნალექთა ისეთი ძირითადი მახასიათებლები, როგორცაა თვისა და წლის ჯამები, არსებობს 1844 წლიდან, და მათი გამოყენება გარკვეულ პირობებში შესაძლებელია თბილისში ატმოსფერული ნალექების დინამიკის ანალიზის დროს.

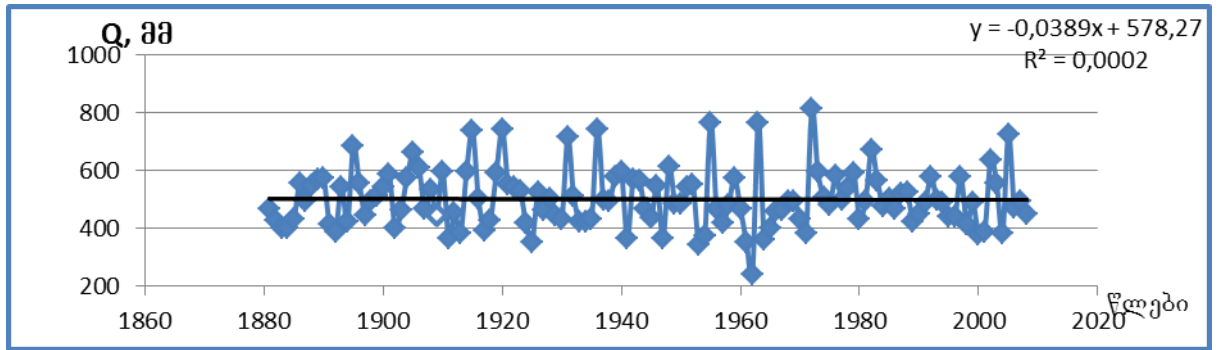
1881 წლიდან ნალექთა წლიურ ჯამებზე უწყვეტი დაკვირვების მონაცემები მოყვანილია ნახაზზე 2.3.1.1, საიდანაც ჩანს, რომ ნალექთა ჯამების რყევადობა თბილისში ხასიათდება დიდი ამპლიტუდით, რომელიც განპირობებულია ჯამების ექსტრემალური მნიშვნელობებით (მინიმუმი 240 მმ და მაქსიმუმი 813 მმ). ეს შეესაბამება ნალექთა საერთო საშუალოდან ($Q_{საშ}=500$ მ) დაახლოებით 260-310 მმ გადახრის შესაძლებლობას ორივე მიმართულებით, რაც კლიმატური ნორმის თითქმის 60%-ს შეადგენს. აქვე აღსანიშნავია, რომ ჰაერის ტემპერატურისთვის იგივე ამპლიტუდა, თანახმად წინა პარაგრაფში მოყვანილი მონაცემებისა, ტოლი აღმოჩნდა $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ ($T_{საშ}=13,0^{\circ}\text{C}$).

გრაფიკის ანალიზისას თვალში საცემია აგრეთვე ნალექთა წლიური ჯამების განსაკუთრებით ძლიერი რყევადობა 1950-1970 წწ. პერიოდში, როდესაც თანახმად ნახ. 2.2.1.2-2.2.1.4 მონაცემებისა, თბილისში დაფიქსირდა საშუალო წლიური ტემპერატურების გამორჩეულად ინტენსიური ზრდა. შემდგომ წლებში ნალექთა ცვალებადობის ამპლიტუდამ დაიკლო და არ აღემატება საშუალოდ ± 200 მმ.

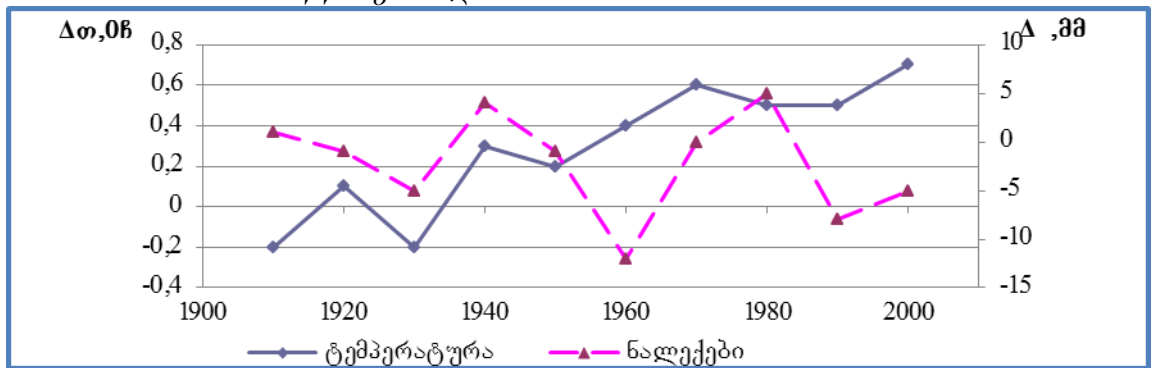
გასულ საუკუნეში ნალექთა რყევადობის ხასიათის შესადარებლად ჰაერის ტემპერატურასთან, 1906-2005 წწ. პერიოდისთვის, ანალოგიურად ნახაზისა 2.2.1.2, აგებულ იქნა ნალექთა 10-წლიანი საშუალოების 1901-1950 წწ საშუალოს (512 მმ) მიმართ გადახრების გრაფიკი (ნახ. 2.3.1.2). ამავე გრაფიკზე დატანილია ტემპერატურის შესაბამისი გადახრები.

მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ 1950-იან წლებამდე ტემპერატურისა და ნალექთა მსვლელობაში საკმაოდ მჭიდრო კორელაცია დაიკვირვებოდა, თუმცა ამის შემდეგ ეს სინქრონულობა დაირღვა და ტემპერატურის თითქმის უწყვეტი მატების ფონზე აღინიშნა ნალექთა საგრძნობი შემცირების ტენდენცია, რომელიც ყველაზე მკაფიოდ გამოვლინდა 1950-იანი წლების დათბობის პირობებში. კერძოდ, თუ განხილულ ორ ცვლადს შორის 1920-1950 წწ. პერიოდში კორელაციის კოეფიციენტი შეადგენდა 0.5, შემდგომ პერიოდში იგი შეიცვალა მნიშვნელობით 0.3.

საერთო კორელაციის კოეფიციენტი განხილულ ცვლადებს შორის 1910 - 2000 წწ. პერიოდში ტოლი აღმოჩნდა $-0,2$, რაც მიუთითებს გარკვეული კავშირის არსებობაზე ტემპერატურის ზრდასა და ნალექთა შემცირებას შორის თბილისის პირობებში.

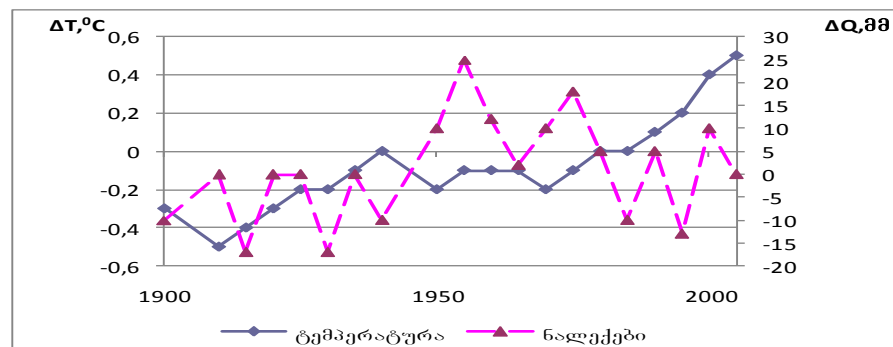


ნახ. 2.3.1.1. ნალექთა წლიური ჯამების რეგეალობა თბილისში 1881-2008 წწ. პერიოდში.



ნახ. 2.3.1.2 თბილისში ნალექთა წლიური ჯამებისა და ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები 1906-2005 წწ. პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.

ამ კონტექსტში გარკვეულ ინტერესს შეადგენს 1900-2005 წწ. პერიოდში გლობალური მასშტაბით ჰაერის საშუალო ტემპერატურისა და ნალექთა ჯამების ანომალიების შედარება 1961-1990 წწ. საბაზისო პერიოდთან მიმართებაში. ანგარიშში [12] წარმოდგენილი მონაცემების მიხედვით ეს შედარება ღებულობს შემდეგ სახეს (ნახ. 2.3.1.3).



ნახ. 2.3.1.3. ნალექთა და ჰაერის ტემპერატურის საშუალოების ანომალიების მსვლელობა 1901-2005 წწ. პერიოდში 1961-1990 წწ. საბაზისო პერიოდთან მიმართებაში ([12]-ის მიხედვით).

დედამიწის ზედაპირზე ნალექთა განაწილების დიდი სიჭრელის გათვალისწინებით მათი გლობალური ტრენდი ცალკე რეგიონის დასახასიათებლად გამოუსადეგარია, მაგრამ ნახაზზე მოყვანილი გრაფიკები გარკვეულწილად მაინც მიანიშნებს უარყოფითი კორელაციის არსებობას ტემპერატურისა და ნალექთა ტრენდებს შორის, რაც მეტწილად აშკარად

ვლინდება 1940-1980 წწ. შუალედში გლობალური ტემპერატურების ანომალიების ნულოვანი, ან მცირე უარყოფითი გადახრების ფონზე ნალექთა დადებითი ანომალიების არსებობაში.

ატმოსფერული ნალექების რაოდენობრივი ცვალებადობის ერთ-ერთი საკმაოდ ანგარიშგასაწვევი მაჩვენებელია ნალექთა ექსტრემალური მნიშვნელობების დროში დინამიკა. ამ საკითხის გამოკვლევის მიზნით ჩვენს მიერ აღებულ იქნა ნალექების რაოდენობის ორი გრადაცია – უხვი ნალექები და მცირე ნალექები. ამ მახასიათებლების მნიშვნელობათა დადგენის მიზნით გამოყენებული იქნა პროგნოსტიკულ მეტეოროლოგიაში დამკვიდრებული წესი, რომლის მიხედვითაც მცირე ნალექებად ითვლება ნალექების კლიმატური ნორმის 80%-ზე ნაკლები, ხოლო უხვ ნალექებად – კლიმატური ნორმის 120%-ზე მეტი [14]. აქედან გამომდინარე თბილისში მცირე წლიური ნალექების შემთხვევად აღებული იქნა 400 მმ-ზე ნაკლები ნალექების რაოდენობა, ხოლო უხვი წლიური ნალექების შემთხვევად 600 მმ-ზე მეტი ნალექების რაოდენობა. ამ ზღვრული მნიშვნელობების და ნალექების წლიური ჯამების გათვალისწინებით დადგენილი იქნა უხვ- და მცირენალექიანი წლების განმეორადობები ათწლეულების მიხედვით. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2.3.1.1.

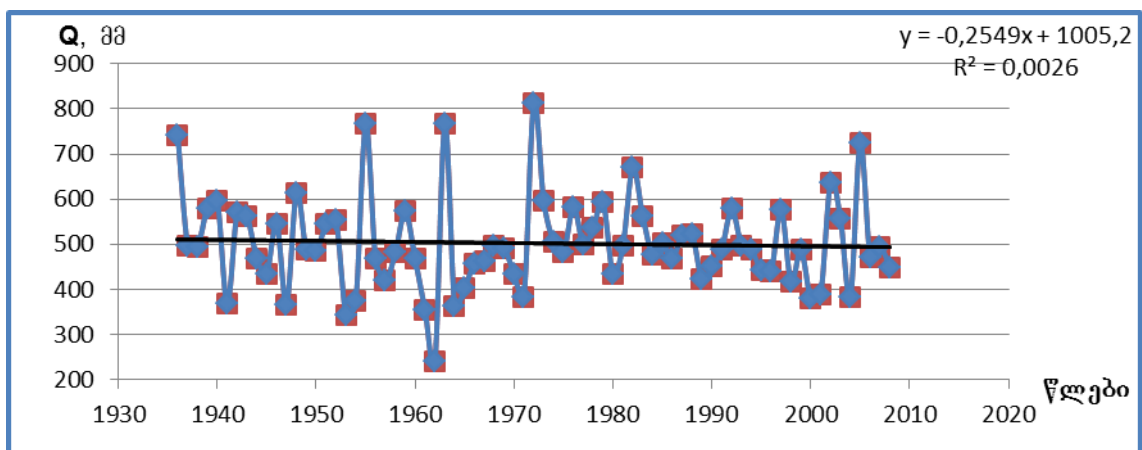
ცხრილი 2.3.1.1. თბილისში უხვ- და მცირენალექიანი წლების განმეორადობები (შემთხვევათა რიცხვი) ათწლეულების მიხედვით (1844-2008)

ათწლეულები	უხვნალექიანი წლების რიცხვი	მცირენალექიანი წლების რიცხვი	სხვაობა
1844-1853	1	1	0
1854-1863	0	2	-2
1864-1873	1	2	-1
1874-1883	1	0	1
1884-1893	0	2	-2
1894-1903	1	0	1
1904-1913	3	2	1
1914-1923	4	1	3
1924-1933	1	1	0
1934-1943	2	1	1
1944-1953	1	2	-1
1954-1963	2	2	0
1964-1973	2	2	0
1974-1983	2	0	2
1984-1993	0	0	0
1994-2003	1	2	-1
2004-2008	1	1	0
ჯამი	23	21	2

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, დაკვირვების მთელი პერიოდის მანძილზე უხვი და მცირენალექიანი წლების თითქმის თანაბარი რაოდენობაა, შესაბამისად 23 და 21, რომლებიც ათწლეულების მიხედვით ასევე საკმაოდ თანაბრად არიან განლაგებული. საშუალო განმეორადობები ათწლეულების მიხედვით შესაბამისად 1.3 და 1.2-ს შეადგენს. გარდა ამისა, ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ უხვნალექიანი წელი არ დაფიქსირებულა 4 ათწლეულში, ხოლო მცირენალექიანი წელი 3 ათწლეულში. სხვაობები უხვნალექიან და მცირენალექიან წლების

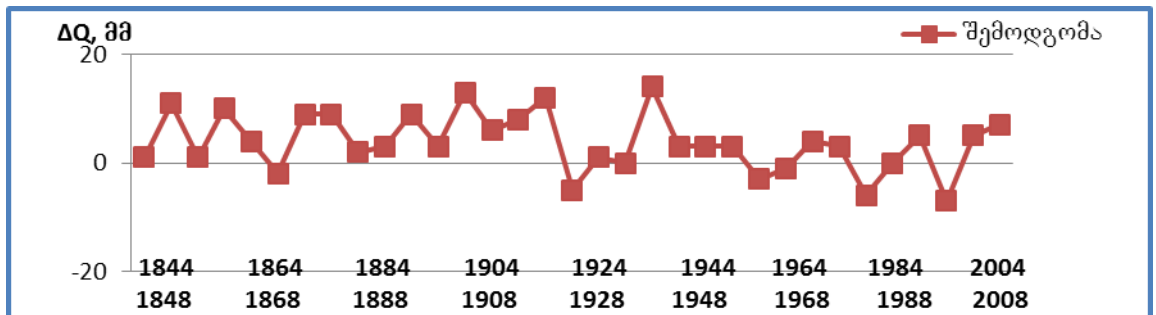
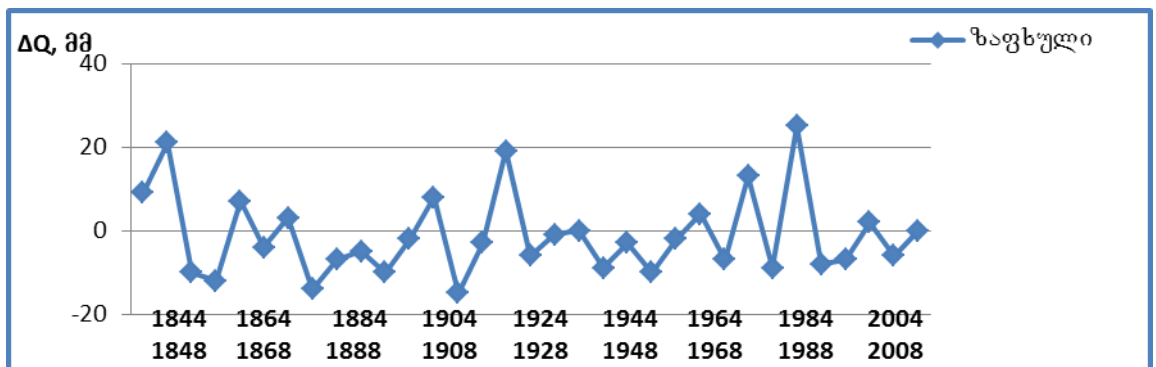
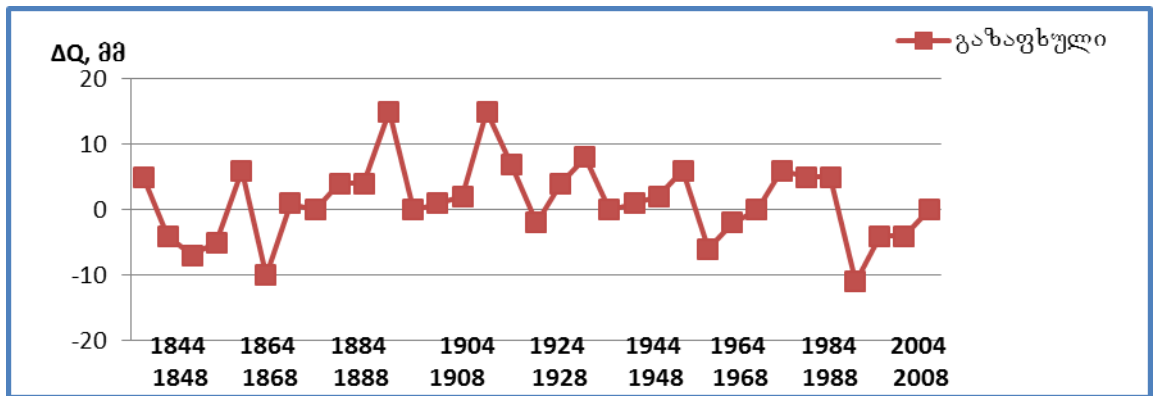
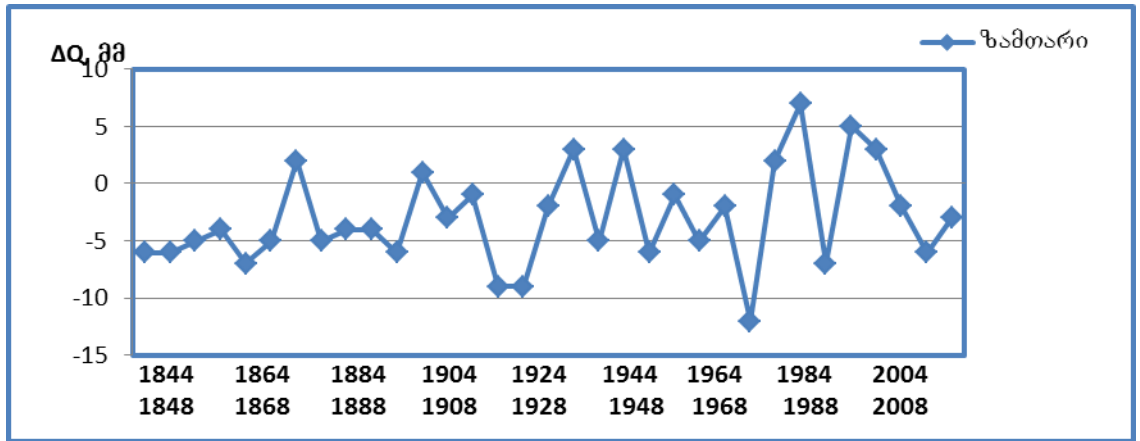
განმეორადობებს შორის ათწლეულების მიხედვით ასევე უმნიშვნელოა. ჰაერის ტემპერატურის ნორმიდან ექსტრემალური გადახრების მონაცემებთან (ცხრ. 2.2.1.3) შედარებამ აჩვენა, რომ ბოლო ათწლეულებში თბილისში ჰაერის ტემპერატურის ნორმიდან ექსტრემალურად მაღალი გადახრების განმეორადობები მნიშვნელოვნად ჭარბობს ექსტრემალურად დაბალი გადახრების განმეორადობებს. ნალექების შემთხვევაში ასეთ კანონზომიერებას ჩვენ ვერ ვხედავთ. პირიქით, აქ აღინიშნება ნალექების ექსტრემალურად მაღალი და დაბალი მნიშვნელობების თითქმის თანაბარი განაწილება. ეს გარემოება მიანიშნებს იმაზე, რომ ნალექების ანომალიების ჩამოყალიბება თბილისში ბევრად უფრო კომპლექსური და რთული მოვლენაა, ვიდრე ჰაერის ტემპერატურების ანომალიებისა. მიუხედავად ამისა, უნდა ითქვას, რომ ნალექების ექსტრემალური მნიშვნელობების განმეორადობების დროში მერყეობას გარკვეულად სტაბილური ხასიათი აქვს, რაც ერთხელ კიდევ ადასტურებს ჩვენს მიერ უკვე გამოთქმულ მოსაზრებას იმის შესახებ, რომ თბილისში ახლო მომავალში არ იკვეთება ნალექების რაოდენობის მნიშვნელოვანი გადახრა დაფიქსირებული დინამიკიდან.

გარდა ზემოთ განხილული საუკუნოვანი ტრენდისა, სხვა შერჩეულ სადგურებთან შესადარებლად, თბილისისთვის განსახილველია აგრეთვე ნალექთა ვარიაციის 1936-2008 წწ. პერიოდიც, რომელშიც უწყვეტი მონაცემები არსებობს ქუთაისისა და ახალქალაქის მეტეოსადგურებისთვისაც. ამ პერიოდის შესაბამისი გრაფიკი მოყვანილია ნახაზზე 2.3.1.4, რომლიდანაც აშკარად ვლინდება თბილისში ბოლო 70 წლის მანძილზე ნალექთა სუსტი შემცირების ტენდენცია. ამ შემცირების სიჩქარე, მოყვანილი გრაფიკის თანახმად, შეადგენს -2მმ/10წ, რაც წრფივი ექსტრაპოლაციის შემთხვევაში იძლევა ნალექთა წლიური ჯამების შემცირებას 2100 წლამდე დაახლოებით 20 მმ-ით. ეს სიდიდე თითქმის 4-ჯერ ნაკლებია მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში მოდელური გათვლებით მიღებულ შესაბამის მნიშვნელობაზე [15], რაც მოწმობს წრფივი ექსტრაპოლაციის არასაიმედოებას გლობალური დათბობის პირობებში მეტეოელემენტების ცვლილების პროგნოზირებისთვის დროის ხანგრძლივ (50-100 წელი) მონაკვეთებში.



ნახ. 2.3.1.4. ნალექთა წლიური ჯამების რყევადობა თბილისში 1936-2008 წწ. პერიოდში.

რაც შეეხება ნალექთა სეზონური ჯამების ვარიაციას, პირველ რიგში განხილულ იქნა მათი ცვალებადობა დაკვირვების მთელი პერიოდის განმავლობაში (1844-2008 წწ.). ისევე როგორც ზემოთ, გადახრები გამოთვლილ იქნა 1961-1990 წწ. საბაზისო პერიოდის მიმართ, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ მათი სიდიდე ხუთწლიანი საშუალოების სახით, გამოსახულია მმ-ში. შესაბამისი მონაცემები წარმოდგენილია ნახაზზე 2.3.1.5



ნახ. 2.3.1.5. თბილისში ნალექების 5-წლიანი საშუალოების გადახრა ნორმიდან სეზონების მიხედვით.

ამ გრაფიკებიდან ჩანს, რომ გადახრების ამპლიტუდები შედარებით დიდია გაზაფხულისა და ზაფხულის სეზონებში, ვიდრე შემოდგომასა და ზამთარში. ამავე დროს, ყველაზე მკაფიოდ გამოხატული დადებითი და უარყოფითი

გადახრების დროში მერყეობა სეზონის შიგნით აღინიშნება ზაფხულის პერიოდში. მთლიანობაში შეიძლება ითქვას, რომ სეზონების შემთხვევაში, ისევე როგორც ცალკეული თვეების შემთხვევაში, არ ფიქსირდება ნალექების რაოდენობის ცვლილების ტრენდული ხასიათის ჩამოყალიბება. ეს ძალზედ მნიშვნელოვანი ფაქტია, ვინაიდან საფუძველს გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ თბილისში ნალექების ცვლილების ტრენდის წარმოქმნა უახლოეს ათწლეულებში მოსალოდნელი არ არის, და პირიქით, ყველაზე ალბათურია არსებული მერყეობის ფონის შენარჩუნება.

გასული 70 წლის მანძილზე ნალექთა სეზონური ჯამების რყევადობის დასადგენად, ტემპერატურისათვის ზემოთ ჩატარებული ანალიზის ანალოგიურად, განხილულ იქნა აგრეთვე ათწლეულებში გასაშუალოებული ნალექთა სეზონური ჯამები და მათი გადახრები საბაზისო პერიოდის საშუალო მნიშვნელობებიდან. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში 2.3.1.2.

გლობალური დათბობის ეფექტის გამოსავლენად დაკვირვების მთლიანი პერიოდი პირობითად დაყოფილ იქნა ორ 30-წლიან პერიოდად (1936-1965 და 1976-2005 წწ.), რომლებისთვისაც ცხრილიდან 2.3.1.2 ანომალიები შესაბამისი ნიშნების გათვალისწინებით შეჯამებულ იქნა სათანადო ათწლეულების მიხედვით. ანომალიების ეს სეზონური ჯამები წარმოდგენილია ცხრილში 2.3.1.3.

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ ბოლო 30-წლიან პერიოდში პირველ პერიოდთან შედარებით ნალექთა დადებითმა ანომალიებმა მნიშვნელოვნად იმატა ზამთრისა და ზაფხულის სეზონებში, ხოლო უარყოფითმა ანომალიებმა – შემოდგომაზე. მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში მიღებული შედეგების თანახმად 2100 წლისთვის მოსალოდნელია ამ ტრენდების გარკვეული ცვლილება ნალექთა ყველაზე დიდი დაკლებით გაზაფხულსა და ზაფხულში, ხოლო მინიმალური კლებით – შემოდგომაზე [15].

ცხრილი 2.3.1.2. თბილისში ნალექთა სეზონური ჯამების გადახრები (%) ათწლეულების მიხედვით საბაზისო პერიოდის შესაბამის მნიშვნელობებიდან (მმ)

სეზონი ათწლეულები	ზამთარი	ზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	იანვარი- აპრილი
საბაზისო პერიოდი (1961-1990)	65	161	169	105	500
1936-1945	8	12	-16	33	7
1946-1955	-12	6	-3	12	20
1956-1965	-17	-6	-8	-11	-9
1966-1975	-5	-1	-3	20	2
1976-1985	4	11	16	-11	7
1986-1995	20	-4	-17	10	-2
1996-2005	-20	1	0	10	0

ცხრილი 2.3.1.3. თბილისში ნალექთა სეზონური ანომალიების ჯამები (%)

საწყის და საბოლოო 30-წლიან პერიოდებში

სეზონი პერიოდი	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	საშუალო წლიური
1938-1965 (I)	-21	+12	-27	+34	0
1976-2005 (II)	+4	+8	-1	+9	+5
სხვაობა (II-I)	+25	-4	+26	-25	+5

ცხრილში მიღებული შედეგი ნალექთა წლიური ჯამების გარკვეული ზრდის თაობაზე წინააღმდეგობაშია ნახ. 2.3.1.4-დან მიღებულ შედეგთან, რომლის თანახმად დროის განხილულ პერიოდში (1936-2005 წწ.) წრფივი აპროქსიმაციით აღინიშნა ნალექთა სუსტი შემცირება. ეს წინააღმდეგობა შეიძლება აიხსნას იმით, რომ დროის პირველ პერიოდში (1936-1965 წწ.) ადგილი ჰქონდა ნალექთა ჯამების მეტად დიდ ცვალებადობას, რამაც მოიცვა ნალექთა აბსოლუტური მინიმუმი (240 მმ). ამ გარემოებამ მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა აღნიშნულ ქვეპერიოდში ნალექთა საშუალო ჯამის შემცირებაში, რის ხარჯზეც მეორე ქვეპერიოდის (1976-2005) საშუალომ გადააჭარბა პირველი პერიოდის საშუალოს. მონაცემთა მთლიან 70-წლიან მასივში ეს განსხვავება ნიველირდა შეაღწევი ქვეპერიოდის (1966-1975) წლიური საშუალოებით და ამის შედეგად მიღებულ იქნა მთლიან პერიოდში ნალექთა შემცირების უფრო რეალისტური სურათი.

თბილისისთვის, ისევე, როგორც დანარჩენ ორი საკვანძო სადგურისთვის, ნალექთა სეზონური და წლიური ჯამების კლიმატურ პერიოდებს შორის სხაობების ნიშნადობის დონის შეფასებებმა აჩვენა, რომ სტიუდენტის t - კრიტერიუმის მიხედვით ეს სხვაობები არ არის ნიშნადი ცდომილების ალბათობის $\alpha=0.10$ და უფრო მაღალ დონეზედაც კი.

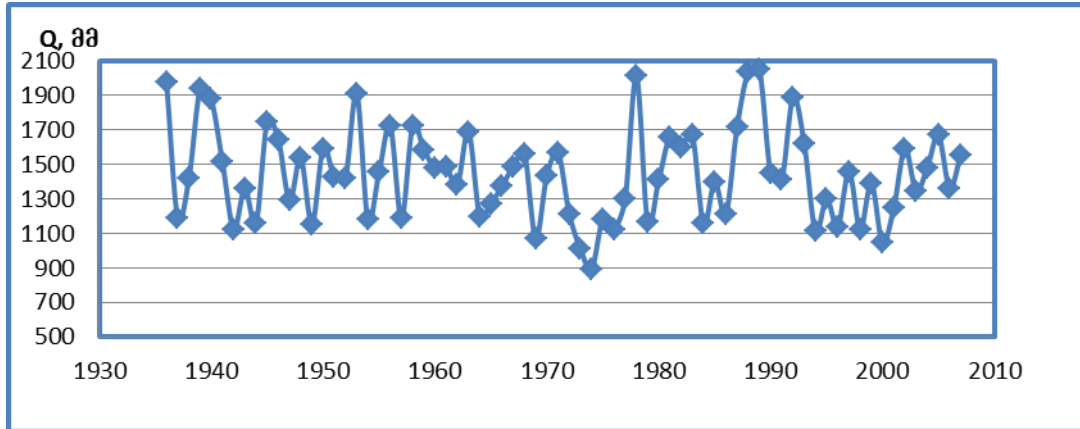
2.3.2 ქუთაისი

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ქუთაისში ატმოსფერულ ნალექებზე დაკვირვების უწყვეტი რიგები არსებობს 1936 წლიდან, რის გამოც აქ ნალექთა ცვლილების შესაფასებლად პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში განხილულ იქნა 1937-1990 წწ. პერიოდი. შედეგად მიღებულ იქნა, რომ 1964-1990 წწ. შეაღწევი 1937-1964 წლებთან შედარებით ნალექთა საშუალო წლიური ჯამები ქუთაისში, ისევე როგორც აფხაზეთის, ქვემო სვანეთისა და რაჭა-ლეჩხუმის ტერიტორიის უმეტეს ნაწილში, შემცირდა 5-10 %-ით. გლობალური დათბობის ზეგავლენით ბოლო თითქმის 20 წლის მანძილზე მომხდარი ცვლილებების გათვალისწინებით განახლებული მონაცემები ქუთაისისთვის მოყვანილია ნახაზზე 2.3.2.1.

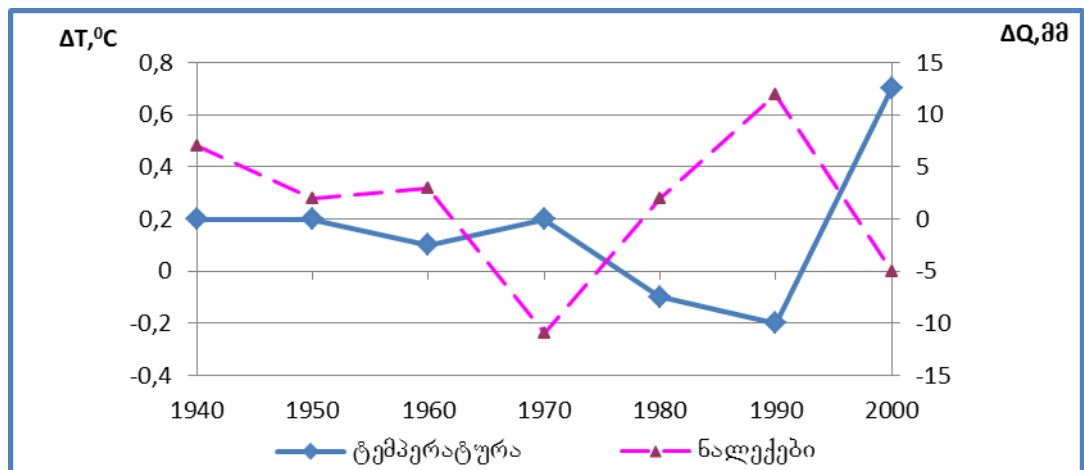
ამ ნახაზიდან მიიღება, რომ ზემოთ ნახსენები, 1990-იან წლებამდე დაფიქსირებული ნალექთა კლების ტენდენცია ქუთაისში შემდგომშიც გაგრძელდა. წრფივი ტრენდით აპროქსიმაციისას გავლილი 70 წლის მანძილზე კლების საშუალო სიჩქარემ შეადგინა 13 მმ/10წ, რაც 6-ჯერ მეტად აღემატება ნალექთა კლების შესაბამის სიჩქარეს თბილისში. 2100 წლებამდე ნალექთა ამ სიჩქარით შემცირება იძლევა სხვაობას 117 მმ, რაც დაახლოების 50 მმ-ით აღემატება მოდელური გათვლებით შემცირების მიღებულ შედეგს (-70 მმ) და ამ შემთხვევაშიც მოწმობს წრფივი ექსტრაპოლაციის მიუღებლობას დროის ხანგრძლივი მონაკვეთებისთვის.

დროის აღნიშნულ პერიოდში ნალექთა ჯამების ცვალებადობის უფრო დეტალური შეფასებისთვის, თბილისის ანალოგიურად განხილულ იქნა ნალექთა წლიური ჯამების 10-წლიანი საშუალოების ანომალიების მსვლელობა 1961-1990 წწ. საბაზისო პერიოდის საშუალოსთან მიმართებაში (ნახ. 2.3.2.2). ისევე, როგორც ნახ. 2.3.1.3-ზე, აქაც დატანილია წლიური ტემპერატურების შესაბამისი

10-წლიანი საშუალოების გადახრები საბაზისო პერიოდის საშუალოსთან. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, 1960-იანი წლებიდან ქუთაისში აღინიშნა ნალექთა 10-წლიანი საშუალოების მკვეთრი ვარიაციები, რომლებიც ტემპერატურის ანომალიების მიმართ ასინქრონულად მიმდინარეობდა.



ნახ. 2.3.2.1. ნალექთა წლიური ჯამების რყევადობა ქუთაისში 1936-2008 წწ. პერიოდში.



ნახ 2.3.2.2. ქუთაისში ნალექთა ჯამებისა და ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები 1936-2005 წწ. პერიოდში 1961-1990 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.

რაც შეეხება ნალექთა სეზონური ჯამების რყევადობას, ისევე როგორც თბილისის შემთხვევაში, განხილულ იქნა ათწლეულებში გასაშუალოებული მნიშვნელობები და მათი საშუალოები საბაზისო პერიოდის საშუალო მნიშვნელობიდან (ცხრილი 2.3.2.1).

ამ ცხრილის მიხედვით ბოლო 30-წლიან პერიოდში დაფიქსირებული ანომალიების ჯამები შედარებულ იქნა საწყისი 30-წლიანი პერიოდის შესაბამის ჯამებთან. შედეგები მოყვანილია ცხრილში 2.3.2.2.

როგორც ამ ცხრილიდან ირკვევა, ქუთაისში გავლილი 70 წლის მანძილზე ზამთარსა და ზაფხულში ნალექთა სეზონური ჯამები პრაქტიკულად არ შეცვლილა, ზაფხულში ნალექებმა გარკვეულწილად იმატა, ხოლო შემოდგომაზე მკვეთრად გაიზარდა უარყოფითი ანომალიები. ამრიგად, ნალექთა

წლიური ჯამების შემცირება მოხდა ძირითადად შემოდგომაზე მათი დაკლების ხარჯზე. მოდელური გათვლების თანახმად, 2100 წლისთვის დასავლეთ საქართველოში ნალექთა ყველაზე მნიშვნელოვანი შემცირება ზაფხულის სეზონშია მოსალოდნელი [15], ასე რომ, თბილისის ანალოგიურად, მომავალ ათწლეულებში სავარაუდოა ბოლო 30 წელიწადში გამოვლენილი ტრენდების მნიშვნელოვანი ცვლილება.

ცხრილი 2.3.2.1. ქუთაისში ნალექთა სეზონური ჯამების გადახრები (%) ათწლეულების მიხედვით საბაზისო პერიოდის შესაბამის მნიშვნელობებიდან (მმ)

სეზონი პერიოდი	იანვარი- ფებრუარი	მარტი- აპრილი	მაისი- ივნისი	ივლისი- აგვისტო	სექტემბერი- ნოემბერი
საბაზისო პერიოდი (1961-1990)	448	236	302	390	1426
1936-1945	+2	+4	+5	+18	+7
1946-1955	+5	-2	+5	+1	+3
1956-1965	-6	+17	-4	+9	+3
1966-1975	-4	-15	-13	-12	-10
1976-1985	-8	+6	+8	+5	+2
1986-1995	+25	0	+14	-2	+10
1996-2005	-18	+12	-9	0	-5

ცხრილი 2.3.2.2. ქუთაისში ნალექთა სეზონური ანომალიების ჯამები (%) საწყის და საბოლოო 30-წლიან პერიოდებში

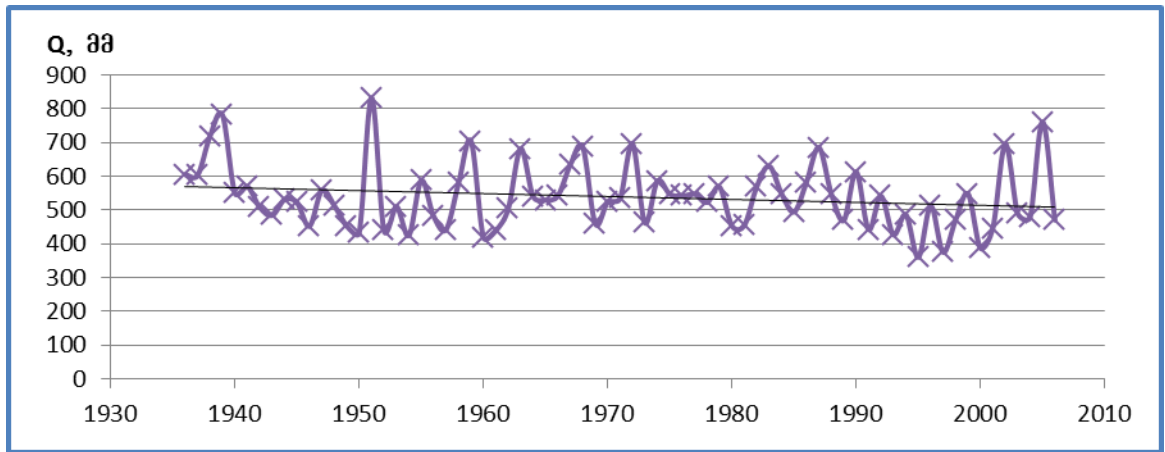
სეზონი პერიოდი	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	საშუალო წლიური
1936-1965 (I)	+1	+19	+6	+28	+13
1976-2005 (II)	-1	+18	+13	+3	+7
სხვაობა (II-I)	-2	-1	+7	-25	-6

2.3.3.ახალქალაქი

პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში ახალქალაქისთვის 1936 წლიდან არსებულ ნალექებზე დაკვირვების რიგების და სხვა მეზობელი მეტეოსადგურების მონაცემების გამოყენებით მიღებულ იქნა, რომ 1990 წლიდან სამცხე-ჯავახეთის ტერიტორიაზე აღინიშნა ნალექთა წლიური ჯამების უმნიშვნელო მატება 0-5% ფარგლებში. ჩვენს მიერ მხოლოდ ახალქალაქის მონაცემებზე ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ აღნიშნულ პერიოდში ადგილი ჰქონდა ნალექთა პრაქტიკულად ნულოვან ტრენდს მათი უმნიშვნელო შემცირებით – 2მმ/10 წლიანი პერიოდით. 2006 წლამდე მონაცემთა დამატებამ ეს უარყოფითი ტრენდი საგრძნობლად გააძლიერა, რის შედეგადაც ნალექთა კლების საშუალო სიჩქარემ 1936-2005 წწ. პერიოდში უკვე შეადგინა - 8 მმ /10წ. შესაბამისი

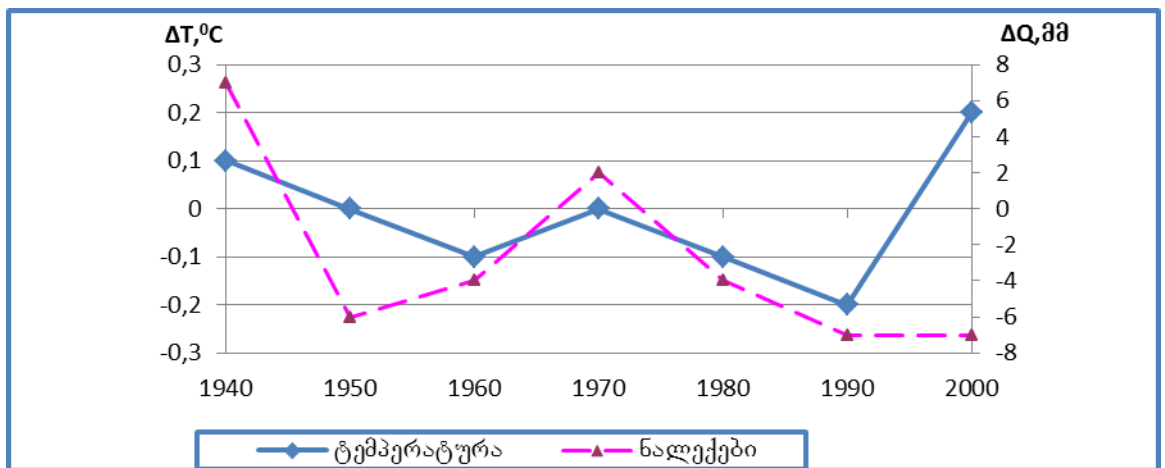
სიდიდეები მოყვანილია ნახაზზე 3.3.1. აქვე აღსანიშნავია, რომ ბოლო 10 წლის მასალა, მონაცემთა დაუმუშავებლობის გამო, აღდგენილ იქნა წალკის მეტეოსადგურის დაკვირვების რიგების გამოყენებით, რომლებიც დამუშავდა მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში მიღებული დაკვეთით. 1951-1965 წლებში ჩატარებული სინქრონული დაკვირვებების შედარებამ აჩვენა, რომ კორელაციის კოეფიციენტი წალკისა და ახალქალაქის წლიურ ნალექებს შორის შეადგენს $r=0.60$, რაც ნალექებისთვის დამაკმაყოფილებელ სიდიდეს წარმოადგენს თვეებისა და შესაბამისად, წლიური მონაცემების აღსადგენად.

ნალექთა შემცირების მიღებული სინქარით წრფივ ექსტრაპოლაციის დაშვებით მიიღება, რომ ახალქალაქში 2100 წლისთვის მოსალოდნელია თვიური ჯამების შემცირება 70 მმ-ით, რაც კარგ თანხმობაში აღმოჩნდა მოდელური გათვლების შესაბამის შედეგთან [15]. ეს დამთხვევა შეიძლება განხილული იქნას როგორც შემთხვევითი მოვლენა, რომელიც არ შეიძლება გამოყენებული იქნას წრფივი ექსტრაპოლაციის მეთოდის გასამართლებლად სხვა რეგიონებში ნალექთა ცვლილების პროგნოზირებისთვის დროის ხანგრძლივ მონაკვეთებში.



ნახ. 2.3.3.1. ნალექთა წლიური ჯამების რეგულაცია ახალქალაქში 1936-2005 წწ. პერიოდში.

მოყვანილი მონაცემების სფუქველზე ისევე როგორც სხვა მახასიათებელი სადგურებისთვის, განხილულ იქნა ნალექთა წლიური ჯამების 10-წლიანი საშუალოების გადახრების მსვლელობა საბაზისო პერიოდის საშუალოდან (ნახ. 2.3.3.2).



ნახ. 2.3.3.2. ახალქალაქის ნალექთა ჯამებისა და ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები 1936-2005 წწ. პერიოდში 1961-1990 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.

ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ 1970-1980-იან წლებში ახალქალაქში ადგილი ჰქონდა ნალექთა წლიური ჯამების შემცირებას, მაგრამ 1990-იანი წლებიდან ეს ტენდენცია ფაქტობრივად ნულოვანი ტრენდით შეიცვალა. ამავე ნახაზზე დატანილი ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრის მრუდი, სხვა მახასიათებელი სადგურებისაგან განსხვავებით, გარკვეულ სინქრონულობას ამჟღავნებს ნალექების გადახრის მრუდიდან, თუმცა ბოლო 10-15 წლის განმავლობაში ეს სინქრონულობა დაირღვა, რაც გამოიხატა ტემპერატურის სწრაფ მატებაში უცვლელი ნალექების ფონზე.

ახალქალაქში ნალექთა სეზონური ჯამების რყევადობის ანალიზისთვის, რომელიც თბილისისა და ქუთაისის ანალოგიური მეთოდით ჩატარდა, მიღებულ იქნა შუალედური ცხრილი 2.3.3.1, რომლის საფუძველზე შედგენილია საბოლოო ცხრილი 2.3.3.2.

ამ ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ირკვევა, რომ ახალქალაქში ბოლო 30 წლის განმავლობაში ნალექთა მატებას ადგილი ჰქონდა ზამთარში, ხოლო სხვა სეზონებში დაფიქსირდა მათი დაკლება, რაც განსაკუთრებით მკაფიოდ გამოვლინდა შემოდგომაზე.

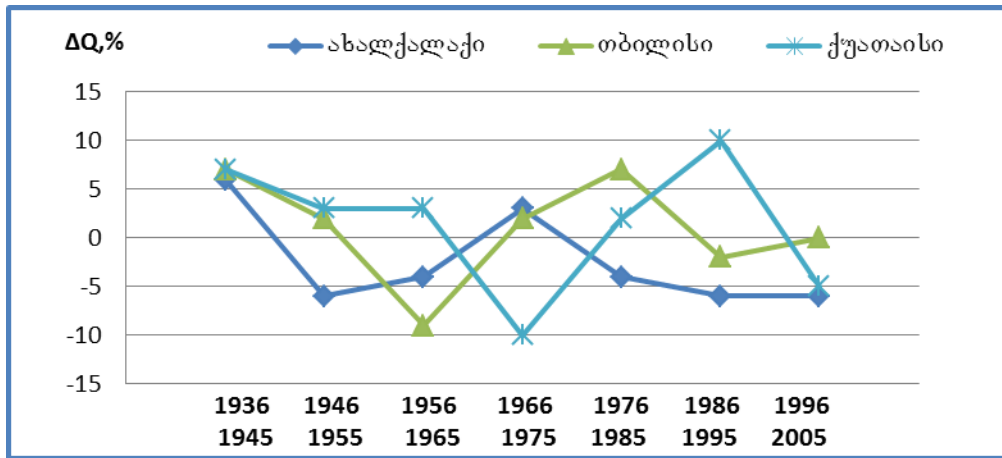
ცხრილი 2.3.3.1. ახალქალაქში ნალექთა სეზონური ჯამების გადახრები (%) ათწლეულების მიხედვით საბაზისო პერიოდის შესაბამის მნიშვნელობებიდან (მმ)

სეზონი პერიოდი	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	საშუალო წლიური
საბაზისო პერიოდი (1961-1990)	77	165	199	112	553
1936-1945	-9	2	8	18	6
1946-1955	-18	-14	-4	10	-6
1956-1965	-12	-1	0	-9	-4
1966-1975	-2	-1	10	-1	3
1976-1985	-12	2	-6	-3	-4
1986-1995	14	-16	-12	4	-6
1996-2005	-21	-10	8	-14	-6

სამივე მახასიათებელ მეტეოსადგურზე ბოლო 70 წლის მანძილზე ნალექთა ანომალიების მსვლელობის შესადარებლად შესაბამისი მონაცემები კიდევ ერთხელ თავმოყრილია ნახაზზე 2.3.3.3.

ამ ნახაზზე მოყვანილი გრაფიკების შეპირისპირება ნახაზზე 2.2.3.2 წარმოდგენილ ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის ანალოგიურ მონაცემებთან საფუძველს იძლევა დავასკვნათ, რომ თუ გლობალური დათბობის შედეგად ბოლო 20-30 წლის მანძილზე საქართველოს სამივე კლიმატურ ოლქში ჰაერის ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების ტრენდული მახასიათებლები დაახლოებით ერთნაირი იყო (რაც განსაკუთრებით გამოვლინდა ბოლო ათწლეულში ტემპერატურის მატების სიჩქარით 0.2-0.7°C/10 წელი), ნალექთა ცვლილების ტრენდებში ეს მსგავსება არ დაიკვირვება. კერძოდ, ბოლო ათწლეულში თბილისისა და ახალქალაქში ნალექთა საშუალო რაოდენობა

მნიშვნელოვნად არ შეცვლილა მაშინ, როცა ქუთაისში ეს სიდიდე შემცირდა 15%-ით.



ნახ. 2.3.3.3. ნალექთა ჯამების 10-წლიანი საშუალოების გადახრები კლიმატური ოლქების მახასიათებელ სადგურებზე 1936-2005 წწ. პერიოდში 1961-1990 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში.

ცხრილი 2.3.3.2. ახალქალაქში ნალექთა სეზონური ანომალიების ჯამები (%) საწყის და საბოლოო 30-წლიან პერიოდებში

სეზონი / პერიოდი	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	საშუალო წლიური
1936-1965 (I)	-39	-12	+4	+19	-4
1976-2005 (II)	-19	-24	-10	-13	-16
სხვაობა (II-I)	+20	-11	-14	-32	-12

რაც შეეხება ნალექთა სეზონურ ანომალიებს, მათი მნიშვნელობების სხვაობა ბოლო 30-წლიან პერიოდსა და საწყის ანალოგიური ხანგრძლივობის პერიოდს შორის მოყვანილია ცხრილში 2.3.3.3.

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, მიმდინარე გლობალური დათბობის შედეგად სამივე კლიმატურ ოლქში მკაფიოდ გამოიკვეთა სეზონური ნალექების არსებითი შემცირება შემოდგომაზე და მათი უმნიშვნელო დაკლება გაზაფხულზე. რაც შეეხება ზამთრის ნალექებს, თბილისსა და ახალქალაქში აღინიშნა მათი საგრძნობი ზრდა, ხოლო ზაფხულში მათი მნიშვნელოვანი მატება დაფიქსირდა მხოლოდ თბილისში.

ცხრილი 2.3.3.3. მახასიათებელ მეტეოსადგურებზე ნალექთა სეზონური ანომალიების ჯამური სხვაობები (%) 1976-2005 და 1936-1965 წწ. პერიოდებს შორის

სეზონი / მეტეო-სადგური	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	საშუალო წლიური
თბილისი	+25	-4	+26	-25	+5
ქუთაისი	-2	-1	+7	-25	-6
ახალქალაქი	+20	-11	-14	-32	-12

მიღებული შედეგი გარკვეულწილად ეწინააღმდეგება ნაშრომში [12] მოყვანილ მოდელური გათვლების შედეგებს, რომელთა თანახმად 2100 წლისთვის როგორც დასავლეთ, ისე აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექთა ყველაზე მნიშვნელოვანი დაკლება მოსალოდნელია ზაფხულის სეზონში, ხოლო დასავლეთ საქართველოში შესაძლებელია მათი სეზონური ჯამების ზრდა ზამთარში.

ამასთან დაკავშირებით შევნიშნავთ, რომ ზემოთ აღნიშნული მოდელური გათვლები წარმოადგენდა საქართველოს ტერიტორიაზე 2100 წლამდე კლიმატის ცვლილების პროგნოზირების პირველ მცდელობას სხვადასხვა მოდელების გამოყენებით. მოსალოდნელია, რომ ამ მოდელების შემდგომი სრულყოფისა და მათი გარჩევისუნარიანობის ზრდის კვალობაზე, აგრეთვე გლობალური სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების რეალური სცენარის დაზუსტების გათვალისწინებით, ნაშრომში [15] მიღებული შედეგები გარკვეულწილად შეიცვლება.

2.4. ძლიერი ქარების რეჟიმის ცვალებადობა თბილისსა და ქუთაისში

მახასიათებელი სადგურების შერჩევისას ზემოთ უკვე იყო აღნიშნული, რომ ოროგრაფიული პირობების გამო ქარის რეჟიმი თბილისისა და ქუთაისის მეტეოსადგურებზე წარმოადგენს საქართველოში ატმოსფეროს ქვედა ფენებში ჰაერის მასების მერიდიანული მოძრაობის საკმაოდ მგრძობიარე ინდიკატორს. კერძოდ, კოლხეთის დაბლობზე აღმოსავლეთის მიმართულების ძლიერი ქარების განმეორადობა წლის ცივ პერიოდში დამოკიდებულია სამხრეთ კავკასიაზე ცი-მბირის ანტიციკლონის დასავლეთის თხემის ზემოქმედების ხანგრძლივობასა და ინტენსივობაზე (აღმოსავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განვითარება ამიერკავკასიაში). რაც შეეხება დასავლეთის მიმართულების ძლიერ ქარებს მტკვრის ხეობაში, მათი ჩამოყალიბება დამოკიდებულია დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების განვითარებასთან, როდესაც კავკასიაზე მაღალი წნევის თხემის ზემოქმედება ხორციელდება, პირიქით, დასავლეთის - შავი ზღვის მხრიდან. აქედან გამომდინარე, გასაგებია, რომ მტკვრის ხეობასა (თბილისი) და კოლხეთის დაბლობზე (ქუთაისი) შესაბამისად ჩრდილო – დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების დროში განვითარებათა თანაფარდობა გარკვეულწილად ასახავს დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ცირკულაციურ პროცესებს შორის თანაფარდობას სამხრეთ კავკასიაში. გლობალური დათბობის ზეგავლენით ამ თანაფარდობის დროში ცვლილების პირველი შეფასება ჩატარდა საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინების მომზადების ფარგლებში [16]. გავლილი საუკუნის დასაწყისსა და ბოლოში ორი 20-წლიანი პერიოდის აეროსინოპტიკური მასალების ანალიზის შედეგად დადგინდა იქნა, რომ ცივ პერიოდში საქართველოს ტერიტორიაზე არქტიკული ანტიციკლონის ზემოქმედების სიხშირე XX საუკუნის განმავლობაში შემცირდა საშუალოდან გადახრის 25%-დან -33%-მდე, რასაც უნდა მოჰყოლოდა დასავლეთის პროცესების გაძლიერება.

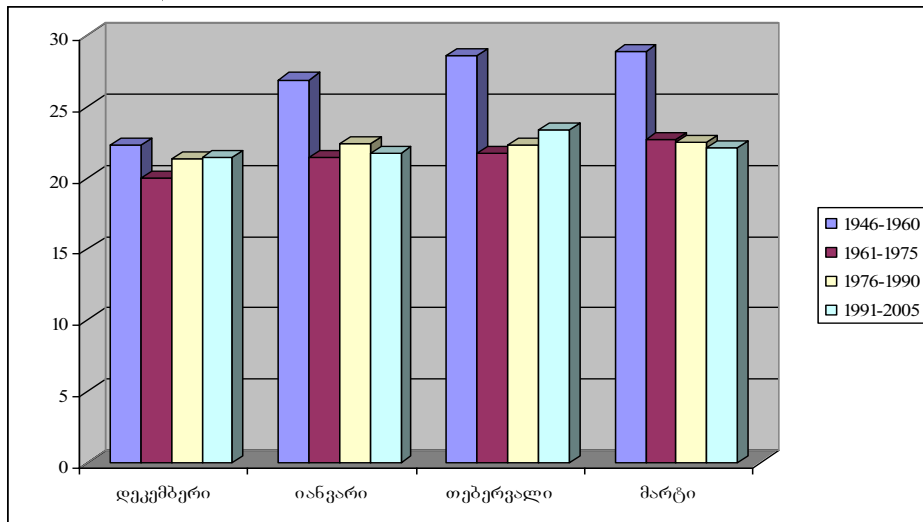
იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოს დაბლობ რაიონებში საკმაოდ ხანგრძლივ ძლიერ ქარებს ადგილი აქვს ძირითადად წლის ცივ პერიოდში (დეკემბერი – მარტი) ჩვენ მიზნად დავისახეთ ზემოთ მიღებული შედეგის დაზუსტება გასული ნახევარი საუკუნის მანძილზე თბილისსა და ქუთაისში ძლიერ ქარებზე ჩატარებულ დაკვირვებათა მასალის გამოყენებით.

2.4.1 თბილისი

დასმული ამოცანის გადასაჭრელად განხილულ იქნა თბილისის აეროპორტის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები ჩრდილო-დასავლეთის ძლიერი ქარების შესახებ 1946-2005 წწ. პერიოდში აღნიშნული 4 თვის განმავლობაში. დღეების მიხედვით ფიქსირდებოდა ყველა შემთხვევა, როდესაც აეროპორტში სსენებული მიმართულების ქარის სიჩქარე აღწევდა ან აჭარბებდა 20 მ/წმ-ს. ფიქსირდებოდა აგრეთვე ქარის სიჩქარის აბსოლუტური მაქსიმუმი ყველა ძლიერქარიან პერიოდში. ეროპორტის მონაცემებში ცალკეული წყვეტების შემთხვევაში ინფორმაციის აღდგენა წარმოებდა ახლომდებარე სამგორის მეტეოსადგურისა და, შესაბამისი კორელაციური კავშირების გათვალისწინებით, დიდმის ჰიდრომეტეოროლოგიური ობსერვატორიის დაკვირვების მასალის გამოყენებით.

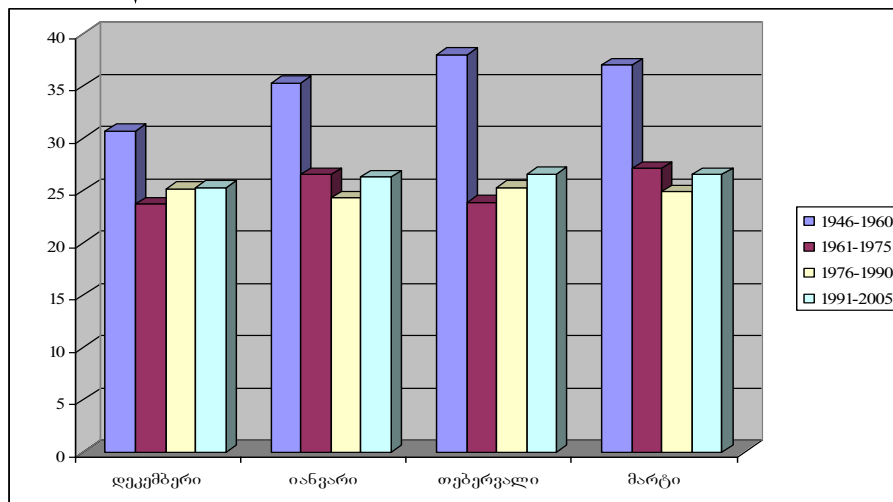
მიღებულ მონაცემთა 15-წლიანი პერიოდების მიხედვით გასაშუალოების შედეგები მოყვანილია ნახაზებზე 2.4.1.1 – 2.4.1.2.

საშ მ/წმ



ნახ. 2.4.1.1 ჩრდილო-დასავლეთის ძლიერი ქარების საშუალოები 15-წლიანი პერიოდების მიხედვით მტკვრის ხეობაში (თბილისი, აეროპორტი, 1946-2005)

საშ მ/წმ



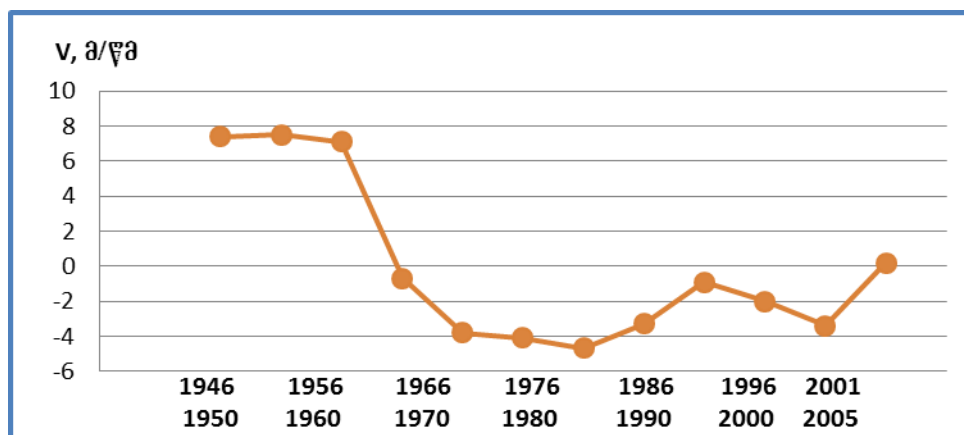
ნახ. 2.4.1.2 ჩრდილო-დასავლეთის ძლიერი ქარების მაქსიმუმების საშუალოები 15-წლიანი პერიოდების მიხედვით მტკვრის ხეობაში (თბილისი, აეროპორტი, 1946-2005)

ამ ნახაზების განხილვის შედეგად შეიძლება შემდეგი დასკვნების გაკეთება:

– პირველ და მეორე 15-წლიან პერიოდებს შორის თბილისში ადგილი ჰქონდა ჩრდილო-დასავლეთის ძლიერი ქარების საშუალოების, აგრეთვე აბსოლუტური მაქსიმუმების საშუალოების მნიშვნელოვან კლებას ოთხივე განხილულ თვეში. ძლიერი ქარების საშუალო მნიშვნელობებმა ამ შუალედში დაიკლო დაახლოებით 5 მ/წმ-ით, ხოლო მაქსიმუმებმა – საშუალოდ 10 მ/წმ-ით.

– შემდგომ წლებში აღინიშნა ძლიერი ქარების საშუალო სიჩქარის მერყეობა 21-23 მ/წმ სიჩქარის ფარგლებში, ხოლო მაქსიმალური სიჩქარეების გარკვეული მატება 26-27 მ/წმ-მდე. ეს საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, რომ უკანასკნელ ხანებში წლის ცივ პერიოდში სამხრეთ კავკასიაში დასავლეთის ტიპის ცირკულაციური პროცესების ინტენსივობა რამდენადმე გაიზარდა.

მიღებული შედეგების დასაზუსტებლად განხილულ იქნა აგრეთვე თბილისში მაქსიმალური ქარების საშუალო მაქსიმუმებიდან გადახრები 5-წლიანი პერიოდების მიხედვით საკვლევი პერიოდის მთელ მანძილზე. შედეგები მოყვანილია ნახაზზე 2.4.1.3, საიდანაც ჩანს, რომ გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან ადგილი აქვს ძლიერი ქარების საშუალო მაქსიმუმებიდან უარყოფით გადახრებს, თუმცა 1980-იანი წლებიდან მნიშვნელოვანი რყევებით, მაგრამ მაინც აღინიშნება ამ გადახრების შემცირების ტენდენცია.



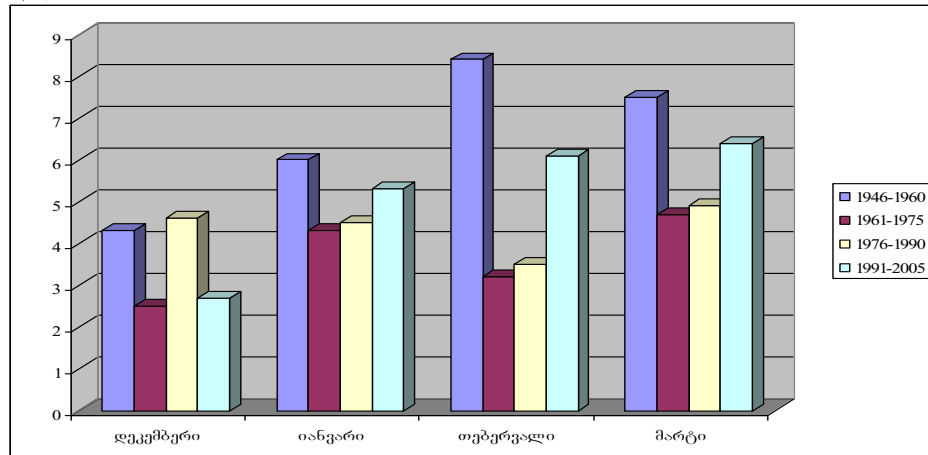
ნახ. 2.4.1.3. ჩრდილო-დასავლეთის ძლიერი ქარების მაქსიმუმების გადახრა საშუალო მაქსიმუმებიდან 5-წლიანი პერიოდების მიხედვით მტკვრის ხეობაში ზამთრის სეზონში (თბილისი, აეროპორტი, 1946-2005).

თბილისში ძლიერი ქარების სიჩქარეებთან ერთად განხილულ იქნა ამ ქარებით დღეთა საშუალოების მერყეობის სურათი 15-წლიანი პერიოდების მიხედვით (ნახ. 2.4.1.4). ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ პირველ და მეორე 15-წლიან პერიოდს შორის ყველა თვეებში დაიკვირვებოდა დღეთა საშუალო რაოდენობის მკვეთრი კლება თვეში 2-5 დღით. მომდევნო პერიოდებში ეს ტენდენცია შეჩერდა და 1980-იანი წლებიდან, დეკემბრის გამოკლებით, დაიწყო დღეთა საშუალო რაოდენობის მატება და ამ ნაზრდმა XXI საუკუნის დასაწყისში მიაღწია 1-2 დღეს თვეში.

თბილისში ჩრდილო-დასავლეთის ძლიერი ქარების მკვეთრი შემცირება პირველ და მეორე 15-წლიან პერიოდებს შორის და მათი რამდენადმე გაზრდა შემდგომ პერიოდებში მოწმობს სამხრეთ კავკასიაში გასული საუკუნის 60-იან წლებში აღმოსავლეთის ტიპის, ხოლო შემდგომში – დასავლეთის ტიპის

ცირკულაციური პროცესების გარკვეულ გააქტიურებას. ამას ადასტურებს აგრეთვე აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების რეჟიმის ცვლილება კოლხეთის დაბლობზე, ქუთაისში.

ღღე



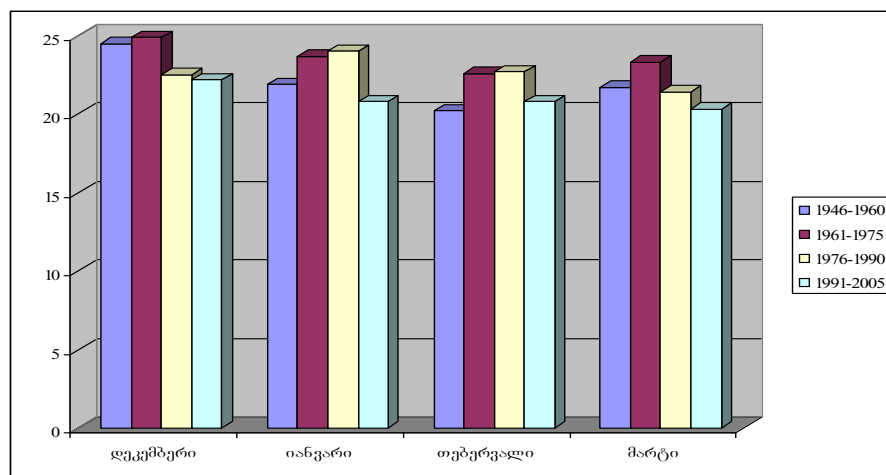
ნახ. 2.4.1.4. ღღეთა საშუალო რიცხვი ჩრდილო-დასავლეთის ძლიერი ქარებით 15-წლიანი პერიოდების მიხედვით მტკვრის ხეობაში (თბილისი, აეროპორტი, 1946-2005).

2.4.2 ქუთაისი

ანალოგიური მიდგომის საფუძველზე განხილულ იქნა ქუთაისის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემები აღმოსავლეთის მიმართულების ძლიერი ქარების ($V \geq 20$ მ/წმ) შესახებ 1946-2005 წლებში წლის ცივი პერიოდის იგივე 4 თვისთვის (დეკემბერი-მარტი). გაანალიზებულ იქნა ძლიერი ქარების როგორც საშუალო მნიშვნელობები, ასევე ქარის აბსოლუტური მაქსიმუმები იმ პერიოდებში, როდესაც სრულდებოდა პირობა $V \geq 20$ მ/წმ.

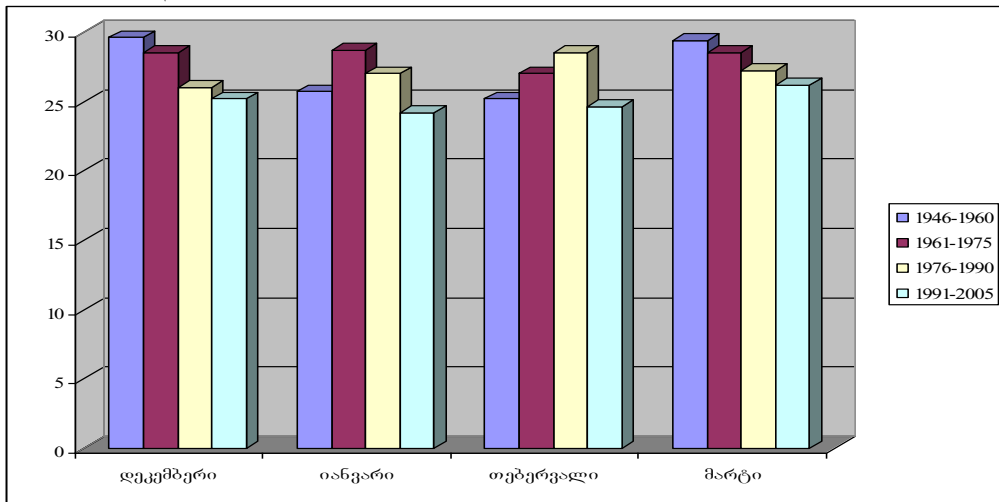
ისევე როგორც თბილისის შემთხვევაში, დროის აღნიშნული მონაკვეთი დაყოფილ იქნა 15-წლიან პერიოდებად, რომლისთვისაც თვეების მიხედვით გამოთვლილ იქნა ძლიერი ქარების საშუალოები, აგრეთვე მათი მაქსიმუმების საშუალოები. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ნახაზებზე 2.4.2.1 და 2.4.2.2.

V_{საშ} მ/წმ



ნახ. 2.4.2.1 აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების საშუალოები 15-წლიანი პერიოდების მიხედვით კოლხეთის დაბლობზე (ქუთაისი,

1946-2005).
 Vაკსმ/წმ

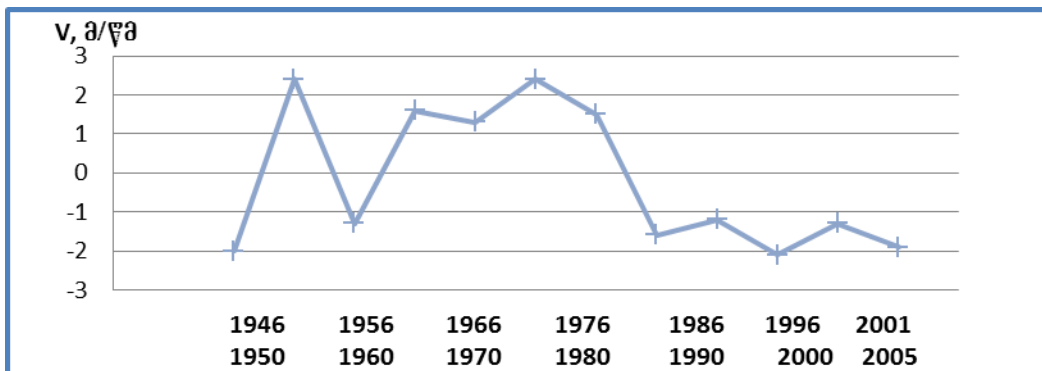


ნახ. 2.4.2.2. აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების მაქსიმუმების საშუალოები 15-წლიანი პერიოდების მიხედვით კოლხეთის დაბლობზე (ქუთაისი, 1946-2005).

ამ ნახაზებიდან ჩანს, რომ პირველ და მეორე 15-წლიან პერიოდებში ქუთაისში ადგილი ჰქონდა ძლიერი ქარების საშუალოების შესამჩნევ ზრდას ცივი პერიოდის ოთხივე თვეში. 1970-იანი წლებიდან ძლიერი ქარების საშუალოებმა დაიწყო საგრძნობი კლება, რის შედეგადაც მათი სიჩქარე შემცირდა 23-25 მ/წმ-დან 20-22 მ/წმ-მდე.

დაახლოებით იგივე სურათი მიიღება ძლიერი ქარების მაქსიმუმებისთვისაც, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ დეკემბრისა და მარტის თვეებში ქარის მაქსიმალური სიჩქარეები 1950-იანი წლებიდან სტაბილურად კლებულობდა, მაშინ როცა 1960-იან წლებამდე საშუალო სიჩქარეებში ზრდა შეიმჩნეოდა. ქარების უდიდესი სიჩქარეები ქუთაისში საკვლევ პერიოდში დაახლოებით 29 მ/წმ-დან შემცირდა საშუალოდ 25 მ/წმ-მდე.

თბილისში დასავლეთის ძლიერი ქარების ცვალებადობის დასახასიათებლად გამოყენებული მიდგომის ანალოგიურად, განხილულ იქნა აგრეთვე ქუთაისში მაქსიმალური ქარების საშუალო მაქსიმუმებიდან გადახრები 5-წლიანი პერიოდების მიხედვით. შედეგები მოყვანილია ნახაზზე 2.4.2.3.



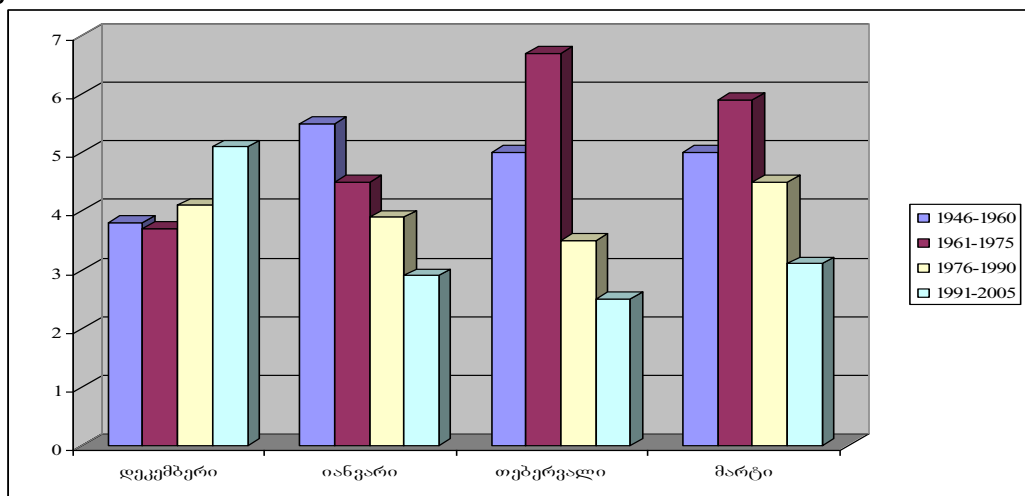
ნახ. 2.4.2.3. აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების მაქსიმუმების გადახრა საშუალო მაქსიმუმებიდან 5-წლიანი პერიოდების მიხედვით კოლხეთის

დაბლობზე ზამთრის სეზონში (ქუთაისი, 1946-2005).

ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ საკვლევი პერიოდის პირველ ნახევარში ადგილი ჰქონდა აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების მაქსი-მუმიდან გადახრის როგორც დადებით ასევე უარყოფით მნიშვნელო-ბებს, ხოლო 70-იანი წლებიდან მოყოლებული მცირე ვარიაციებით დაიკვირვება საშუალოდან მხოლოდ უარყოფითი გადახრები. ეს მეტყველებს იმაზე, რომ აღნიშნული დროიდან დაწყებული, კოლხეთის დაბლობზე წლის ცივ პერიოდში აღმოსავლეთის მიმართულების ქარების სიჩქარის მაქსიმალური მნიშვნელობები შემცირებულია.

რაც შეეხება ძლიერი ქარებით დღეთა საშუალო რაოდენობის ცვალებადობას, შესაბამისი მონაცემები იგივე 15-წლიანი პერიოდების საშუალოებისთვის მოცემულია ნახაზზე 2.4.2.4.

დღე

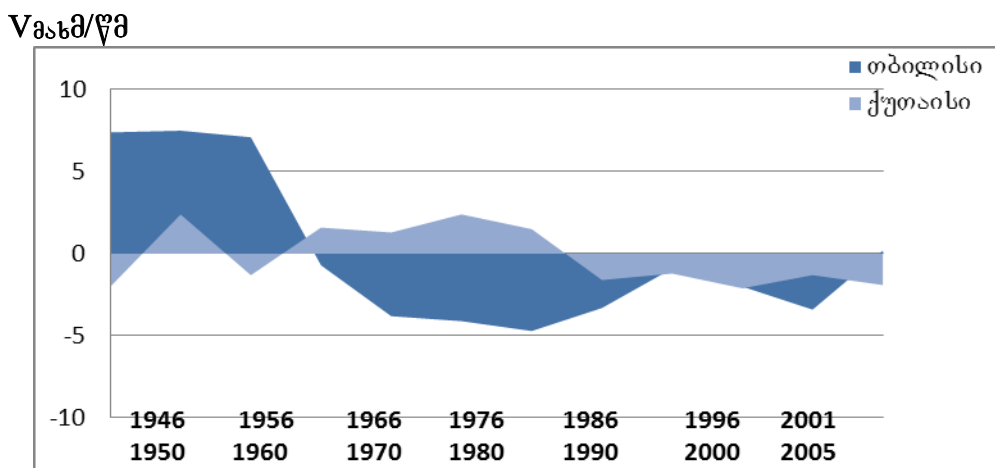


ნახ. 2.4.2.4. დღეთა საშუალო რიცხვი აღმოსავლეთის ძლიერი ქარებით 15-წლიანი პერიოდების მიხედვით კოლხეთის დაბლობზე (ქუთაისი, 1946-2005).

ნახაზიდან ჩანს, რომ დეკემბერში მთელი საკვლევი პერიოდის განმავლობაში დაიკვირვებოდა ძლიერი ქარების სიხშირის თანდათანობით კლება, ხოლო სხვა თვეებში მათი განმეორადობა 1960-1970-იან წლებში მატულობდა, რაც ბოლო პერიოდში მკვეთრი შემცირებით შეიცვალა. ამის შედეგად ძლიერი ქარებით დღეთა საშუალო რიცხვმა წლის პირველ 3 თვეში ბოლო პერიოდის განმავლობაში დაიკლო 3-4 დღემდე თვეში, მაშინ როდესაც 1960-1970-იან წლებში ეს სიდიდე საშუალოდ შეადგენდა 6 დღეს თვეში. გლობალური დათბობის ზეგავლენით საქართველოს ტერიტორიაზე ბოლო 60 წლის მანძილზე დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ტიპის ცირკულაციურ პროცესებს შორის თანაფარდობის ცვლილების უფრო მკაფიო წარმოდგენისათვის მიზანშეწონილია ნახაზებზე 2.4.1.3 და 2.4.2.3 მოყვანილ მონაცემთა ერთობლივი განხილვა (ნახ. 2.4.2.5).

ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ წლის ცივი პერიოდის ოთხივე თვის გაერთიანებული მონაცემებით ძლიერი ქარების საშუალო მაქსიმუმიდან გადახრის მრუდები თბილისისა და ქუთაისში ძირითადად ანტიფაზაში იცვლება. ეს მკაფიოდ ვლინდება როგორც პირველ 10-წლიან პერიოდში, ასევე 1960-1080-იან წლებშიც. გამონაკლისს შეადგენს მხოლოდ 1990-იანი წლების პერიოდი, როდესაც თბილისშიც და ქუთაისშიც აღინიშნებოდა უარყოფითი გადახრების

ზრდა. ბოლო პერიოდში უარყოფითი აბსოლუტური მნიშვნელობების საგრძნობი შემცირება თბილისში უარყოფითი გადახრების მეტნაკლები გაძლიერების ფონზე ქუთაისში მეტყველებს 1990-იანი წლების მეორე ნახევრიდან სამხრეთ კავკასიის ტერიტორიაზე დასავლეთის ტიპის პროცესების გარკვეულ პრევალირებას აღმოსავლეთის ტიპის პროცესებზე.



ნახ. 2.4.2.5. ძლიერი ქარების მაქსიმუმების გადახრა საშუალო მაქსიმუმებიდან 5- წლიანი პერიოდების მიხედვით ზამთრის სეზონში მტკვრის ხეობაში (თბილისი) და კოლხეთის დაბლობზე (ქუთაისი).

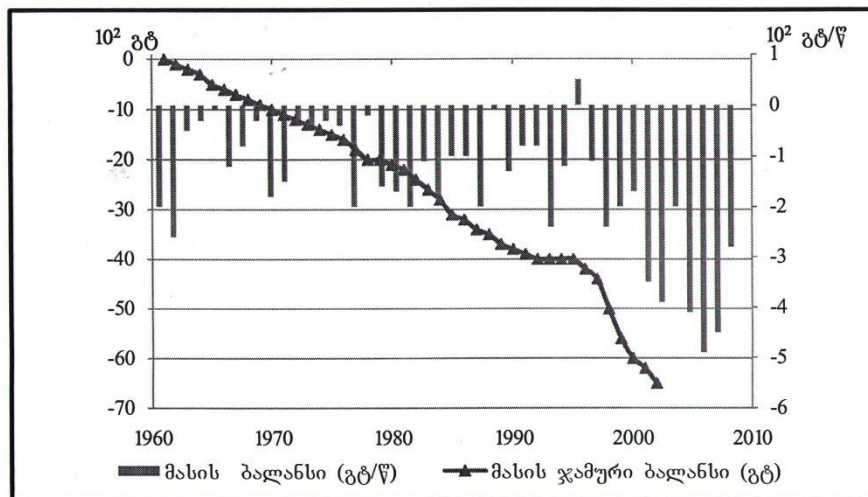
ნახაზზე 2.4.2.5 მოყვანილი გრაფიკებიდან ჩანს აგრეთვე, რომ 1960-1970-იან წლებში მტკვრის ხეობაში დასავლეთის ძლიერი ქარების შესუსტება ბევრად უფრო მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა ვიდრე აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების მატება კოლხეთის დაბლობზე. ასეთი სიტუაცია აიხსნება ამ ქარების გენეტიკური წარმომავლობით. აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების განვითარება დამოკიდებულია მხოლოდ კასპიისა და შავ ზღვას შორის ჩამოყალიბებულ ბარიულ გრადიენტზე, რომელიც, როგორც წესი, საკმაოდ სტაბილურია. ჩრდილო-დასავლეთის ქარების განვითარება მტკვრის ხეობაში კი დაკავშირებულია დასავლეთიდან ფრონტალურ შემოჭრებთან, რომლებიც ხასიათდება მრავალფეროვნებითა და დროში არასტაბილურობით. ამიტომ დროის აღნიშნულ მონაკვეთში აღმოსავლეთის პროცესების გააქტიურებას თან მოჰყვა კოლხეთის დაბლობზე აღმოსავლეთის ძლიერი ქარების შედარებით ზომიერი ზრდა, ხოლო დასავლეთის პროცესების თანმდევ შემცირებას – მტკვრის ხეობაში დასავლეთის ძლიერი ქარების ბევრად უფრო მნიშვნელოვანი კლება.

გასული საუკუნის მანძილზე ზემოთ განხილულ 3 საკვანძო სადგურზე კლიმატური ელემენტების ცვლილების სურათი დაზუსტებულ იქნა ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში საქართველოს ტერიტორიაზე 8 მეტეოსადგურის მონაცემებით [17]. მიღებული შედეგების თანახმად, საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში მოიმატა 0.3°C -ით, ხოლო სამხრეთ საქართველოს მთიანეთში 0.2°C-ით.

2.5. ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა დეგრადაცია გლობალური დათბობის შედეგად

2.5.1. გლობალური დათბობის გავლენა დედამიწის კრიოსფეროზე

დედამიწის კრიოსფერო წარმოადგენს გლობალური დათბობის ერთ-ერთ ყველაზე მგრძობიარე ინერციულ ინდიკატორს. 1960-იანი წლებიდან დედამიწის ყინულოვან საფარზე თანამგზავრული დაკვირვებების დაწყების შემდეგ შესაძლებელი გახდა გლობალური მასშტაბით თოვლის საფარის, არქტიკასა და ანტარქტიკაში ზღვის ყინულოვანი საფარის ფართობების, მყინვართა მასის ბალანსის, აგრეთვე მარადი გაყინულობის ფართობის დროში ცვალებადობის რაოდენობრივი შეფასება [12]. კერძოდ დადგენილ იქნა, რომ 1979-2005 წწ. პერიოდში არქტიკის ყინულოვანი საფარის ფართობი შემცირდა 7.8 მლნ კმ²-დან 6.1 მლნ კმ²-მდე ანუ 22 %-ით, ხოლო ყინულოვანი საფარის გადახრები მრავალწლიური საშუალოდან შეიცვალა +0.3-დან -0.5 მლნ კმ²-მდე. ამავე დროს ანტარქტიკაში ზღვის ყინულოვანი საფარი პრაქტიკულად არ შეცვლილა და მისი ფართობი 1993 წლიდან ზრდის უმნიშვნელო ტენდენციასაც კი ამჟღავნებს. მყინვართა მასის დანაკარგი (გრენლანდიისა და ანტარქტიკის ყინულოვანი საფარის გამოკლებით) ზღვის დონის ექვივალენტში (SLE) 1961-2003 წწ. პერიოდში შეადგენდა 0.50 მმ/წელი, ხოლო 1991-2003 წლებს შორის იგი გაიზარდა მნიშვნელობამდე 0.77 მმ/წელი, რაც მეტყველებს 1970-იანი წლების შემდეგ დაწყებული გლობალური დათბობის დროს მყინვართა დნობის წილის გაზრდაზე ზღვის დონის საერთო აწევაში. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ამ პროცესის საშუალო სიჩქარემ 2005 წლისთვის გადააჭარბა 3 მმ/წელი სიდიდეს. დედამიწის კრიოსფეროს ერთ-ერთი კომპონენტის – გლობალური მასის ცვალებადობა 1961-2003 წწ. პერიოდში ნაჩვენებია ნახაზზე 2.5.1.1. როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, 1991-1992 წწ. მონაკვეთის გარდა ყველა სხვა წლებში დაიკვირვებოდა მასის ბალანსის უარყოფითი მნიშვნელობები. მყინვართა მასშტაბური დნობის შედეგად ზემოთ ხსენებულ 42-წლიან პერიოდში მყინვართა მასის ჯამური ბალანსი შემცირდა დაახლოებით 65.10² გიგატონით, რასაც შეესაბამება მსოფლიო ოკეანეში დამატებით ჩასული 7200 კმ³ წყალი. ეს სიდიდე დედამიწის მთელ კრიოსფეროში აკუმულირებული წყლის მოცულობის (24.10⁶ კმ³) სამ მეათასედ ნაწილს შეადგენს.



ნახ. 2.5.1.1. მყინვართა გლობალური მასის ჯამური ბალანსის გადახრები

მრავალწლიური საშუალოდან 1961-2003 წწ. პერიოდში [12].

ბოლო 10-20 წლის მანძილზე გლობალური დატობისადმი მზარდი ყურადღების ფონზე კლიმატის ცვლილების გამოკვლევებში მნიშვნელოვანი ადგილი ეთმობა ამ პროცესის მიმართ მყინვარების მგრძობიარობის შეფასებას. ეს გამოკვლევები ჩატარდა მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონებისთვის, კერძოდ, ალიასკისთვის [18], ანდების ცენტრალური ნაწილისთვის [19], ალპებისთვის [20], კავკასიისთვის [21] და სხვ. რიგ შრომებში განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო კავშირს ატმოსფეროს ცირკულაციურ პროცესებსა და მყინვართა მასის ბალანსს შორის [22,23]. კონკრეტულად კავკასიონის მყინვარებისთვის უკანასკნელ ხანს ეს საკითხი დეტალურად შესწავლილ იქნა შრომებში [24,25], რომლებიც ქვემოთ იქნება განხილული.

ხსენებული პრობლემის განხილვამდე აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ მყინვარების ევოლუციაზე ატმოსფერული პროცესების გავლენის შესწავლას საქართველოში საკმაოდ დიდი ხნის ისტორია გააჩნია. კერძოდ 1950-იან წლებში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ [26] ვ. გიგინეიშვილის ხელმძღვანელობით გამოკვლეულ იქნა კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში არსებული მყინვარების (ულუჩირანი, კარაჩაული, ირიკი, აზაუ, დონდუხორილი, შხელდი, ბეზენგი, მაჟირგი, დიხასუ, დევდორაკი, გერგეტი, შხარა და სხვ.) რყევის ხასიათი, მათი მოძრაობის რეჟიმის განმაპირობებელი მეტეოროლოგიური პირობები, აგრეთვე რეგიონში ატმოსფეროს მაკროციკულაციური პროცესების მახასიათებელი ფორმები.

მაღალმთიან მეტეოროლოგიურ სადგურებზე 1899-1954 წწ. დაკვირვებული მეტეოელემენტების (ჰაერის ტემპერატურა და ატმოსფერული ნალექები), მიწისპირა და ბარიული ტოპოგრაფიის რუკების კომპლექსური ანალიზის შედეგად შესწავლილი იქნა მყინვართა რყევადობის ერთ-ერთი განმაპირობებელი ფაქტორის – ატმოსფეროს მაკროციკულაციური პროცესების განვითარების თავისებურებანი. დადგენილი იქნა მყინვართა უკან დახვევისა და წინსვლის პერიოდები. დასაბუთებული იქნა, რომ მყინვარების უკან დახვევის პერიოდისთვის მაკროციკულაციური პროცესების უპირატეს ფორმას წარმოადგენს ზონალური ცირკულაცია და კავკასიაზე სამხრეთიდან თბილი ჰაერის მასების შემოჭრა, ხოლო წინ წაწევის ან სტაციონარული მდგომარებაში ყოფნის პერიოდი გამოწვეულია ჩრდილოეთიდან ცივი ჰაერის მასების შემოჭრით განპირობებული მერიდიანული ტიპის პროცესების სიჭარბით.

მიუხედავად ჩატარებულ სამუშაოებში მიღებული მნიშვნელოვანი შედეგებისა, იმის გამო, რომ არ არსებობდა მყინვარების მოძრაობაზე დაკვირვების უწყვეტი და ხანგრძლივი რიგები, ის მრავალრიცხოვანი ფაქტორები, რომლებზეც დამოკიდებულია მყინვარების რეჟიმი, სრულად ვერ იქნა გამოვლენილი.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მყინვარები კლიმატის ცვლილების მიმართ მაღალი მგრძობიარობით გამოირჩევა, რაც განაპირობებს მათ გამოყენებას ინდიკატორის როლში აღნიშნული პროცესის მსვლელობის შესაფასებლად. კერძოდ, მყინვარის მასის ბალანსის ცვლილება და მისი ელემენტების ცვალებადობა განიხილება როგორც კლიმატის ცვლილების საიმედო ინდიკატორები, რომლებიც განპირობებულია ზამთრის აკუმულაციით და ზაფხულის აბლაციით. ეს პროცესები, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ატმოსფეროს ცირკულაციის გლობალურ და რეგიონალურ ანომალიებზე, აგრეთვე ამინდის ადგილობრივ პირობებსა და მყინვარის სპეციფიკურ მახასიათებლებზე.

2.5.2. საქართველოს ფარგლებში მყინვართა დეგრადაცია გასულ საუკუნეში

1980-იანი წლების დასასრულამდე საქართველოში პერიოდულად წარმოებდა უშუალო დაკვირვებები ცალკეული მყინვარების ზომებზე, რაც შესაძლებლობას იძლეოდა განსაზღვრულიყო მათი უკან დახევისა და წინსვლის საშუალო სიჩქარეები. სსრკ დაშლის შემდეგ ეს სამუშაოები აღარ ჩატარებულა 2000 წლამდე.

როგორც ცნობილია, გლობალური მასშტაბით მყინვართა უკანდახევა დაიწყო XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან [13]. 1980-იან წლებთან შედარებით 1965 წლისთვის საქართველოს ტერიტორიაზე მყინვარების ფართობი შემცირდა 616 კმ² -დან 511 კმ²-მდე, ანუ 17%-ით [27]. თანახმად შრომაში [28] მოყვანილი მონაცემებისა, 1900-1970 წწ. პერიოდში კავკასიონის მყინვარების აბსოლუტური უმრავლესობა იხევდა უკან საშუალო სიჩქარით 11,8 მ/წელი.

1965 წლის შემდეგ ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა დეგრადაცია გრძელდებოდა. გარემოს ეროვნული სააგენტოს ფონდებში არსებული მასალების მიხედვით მონაცემები ამ რეგიონში 1990 წლამდე ცალკეული მყინვარების უკან დახევისა და წინსვლის გარკვეულ პერიოდებში საშუალო სიჩქარეების შესახებ მოყვანილია ცხრილში 2.5.2.1.

ცხრილი 2.5.2.1. ცენტრალური კავკასიონის ცალკეული მყინვარების უკან დახევისა და წინსვლის საშუალო სიჩქარეები 1964-2990 წწ. პერიოდში

№	მყინვარის დასახელება	პერიოდი	უკან დახევის (-) და წინსვლის (+)საშ. სიჩქარე, მ/წელი
1	დეველორაკი	1965-1973	+3.2
		1973-1979	+4.3
		1978-1985	-3.0
		1985-1990	+1.1
2.	აბანო	1965-1973	+2.0
		1973-1979	+0.5
		1978-1985	-1.2
		1985-1990	-0.1
3	გერგეტი	1965-1973	+3.9
		1973-1979	-1.0
		1978-1985	-9.8
		1985-1990	-23.0
4	ჭალაათი	1966-1972	-5.0
		1973-1977	-5.4
		1977-1983	-5.6
5	კირტიშო	1966-1972	-6.7
		1973-1977	-9.8
		1977-1983	-6.7
6	ყორულდაში	1966-1972	-4.7
		1973-1977	-3.0
		1977-1983	-2.6
		1983-1990	-2.1
7	ლეღზირი	1973-1983	-11.2
8	ცანერი	1973-1983	-10.4
		1983-1990	-10.3

9	ჭაჭი	1964-1968 1984-1990	+8.8 -1.1
---	------	------------------------	--------------

ცხრილში განხილული თითოეული მონაკვეთი შეიცავს ცალკეულ ქვეპერიოდებს მყინვარის ენის როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მოძრაობით, მაგრამ ცხრილის ბოლო სვეტში მოყვანილია დროის აღნიშნულ მონაკვეთში მყინვარის ჯამური მოძრაობის საშუალო სიჩქარე. წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ 1980-იან წლებამდე საქართველოს ტერიტორიაზე განხილული 9 მყინვარიდან 4 მყინვარზე დაიკვირვებოდა წინსვლის ეპიზოდების სიჭარბე, თუმცა ამის შემდეგ ყველა მყინვარზე, დევდორაკის მცირე წინსვლის გამოკლებით, აღინიშნა უკუსვლა, რომელმაც განსაკუთრებით დიდ სიჩქარეს მიაღწია გერგეტის მყინვარზე. 1964-1990 წწ. პერიოდში ყველა მყინვარისათვის გასაშუალოებულმა წინსვლის სიჩქარემ შეადგინა 3.4 მ/წელი, ხოლო უკან დახევის სიჩქარემ – 6.1 მ/წელი.

ათწლიანი პაუზის შემდეგ, 2000 წელს აშშ საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (USAID) ხელშეწყობით, პ. ჯანელიძის ხელმძღვანელობით მყინვარებზე ლელხირი, ჭალაათი, დოღრა, კვიში, კირტიშო და ჭანჭახი წლის თბილ პერიოდში ჩატარდა კომპლექსური სამუშაოები, რომლის დროსაც იზომებოდა მყინვარების სხვადასხვა პარამეტრები, წარმოებდა მეტეოროლოგიური და ჰიდროლოგიური დაკვირვებები. მიღებული მასალები გაანალიზებულ იქნა დაკვირვების პერიოდში (იენისი-ოქტომბერი) განვითარებულ აეროსინოპტიკურ პროცესებთან ერთად, დამყარებულ იქნა კავშირები მყინვართა აბლაციის სიჩქარეებსა და კლიმატური ელემენტების ანომალიებს შორის [29]. შესწავლილი მყინვარებისთვის რაოდენობრივი სახით დადგინდა იქნა კავშირი აბლაციასა და ჰაერის ტემპერატურას შორის თვეების მიხედვით. ექვსივე მყინვარისთვის აბლაციის საშუალო სიჩქარეები იცვლებოდა შუალედში 5.3 - 6.2 სმ/დღე, ანუ წელის ექვივალენტში (w.e.) გადაყვანით 4.8 - 5.6 სმ/დღე. მყინვარ ჭალაათზე ენის რყევადობაზე ჩატარებულმა დაკვირვებამ აჩვენა, რომ 1976 წლიდან 2000 წლამდე მყინვარის ენამ 253 მეტრით დაიხია უკან, რასაც შეესაბამება უკან დახევის საშუალო სიჩქარე 10.5 მ/წელი. ეს თითქმის 2-ჯერ მეტია მყინვარის ენის უკან დახევის სიჩქარეზე 1963-1983 წლებს შორის.

2002 წელს პ. ჯანელიძის ხელმძღვანელობით დაკვირვებები ენის რყევადობაზე ჩატარდა მყინვარებზე დევდორაკი, გერგეტი, მნა და კინტრიშო [30]. ეს მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 2.6.2.2.

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, 1990-იან წლებში მყინვარებზე გრძელდებოდა უკანდახევისა და დეგრადაციის პროცესები. განსაკუთრებით მკვეთრად ამ პროცესებმა თავი იჩინა დევდორაკის მყინვარზე, სადაც ამ წლებამდე დაფიქსირებული ძირითადად წინსვლის ეპიზოდები 2000 წელს შეიცვალა აშკარად გამოსატყული უკან დახევით.

ცხრილი 2.5.2.2. 2002 წლის ოქტომბერში მყინვარების ენის რყევადობაზე ჩატარებული დაკვირვების შედეგები [30].

მყინვარი	პერიოდი, წლები	მყინვარის ენის უკან დახევა, მ	მყინვარის ენის წინსვლა, მ	საშუალო სიჩქარე, მ/წელი
დევდორაკი	1985-2002	-100	0	-5.9
გერგეტი	1985-2002	-450	0	-26.5
მნა	1963-2002	-175	0	-4.5
კირტიშო	1985-2002	-116	0	-6.8

გერგეტის მყინვარზე კიდევ უფრო დაჩქარდა 1985-დან 1990 წლამდე აღნიშნული უკანდახევა, ხოლო მყინვარი კირტიშო აგრძელებდა უკან დახევას თითქმის უცვლელი სიჩქარით. ანგარიშის [30] ავტორთა აზრით, მყინვარ გერგეტის უკან დახევის ანომალურად მაღალი სიჩქარე გამოწვეულია მყინვარის ხეობაში ზედაპირულ მორენულ საფარს მოკლებული ენის ინტენსიური დნობით ჰაერის მზარდი ტემპერატურისა და მისგან გამთბარი კლდე-ლოდებისგან გამოყოფილი სითბოს შედეგად.

აღნიშნულ ნაშრომში ხაზგასმულია, რომ ცენტრალური კავკასიონის რეგიონში კლიმატის დათბობამ ბოლო 10-15 წლის მანძილზე ატმოსფერული ნალექების სტრუქტურაში გამოიწვია თხევადი ნალექების წილის გაზრდა მყარი ნალექების შემცირების ხარჯზე. ამას თან მოჰყვა მთელი რიგი მყინვარების მდგრადობის დარღვევა, რაც გამოიხატა მათ ნაადრევ პულსაციაში. მაგალითის სახით განხილულია 2002 წლის 15 სექტემბრის კატასტროფა ყაზბეგის გამყინვარების ზონაში, რომლის შედეგად მყინვარმა კოლკამ ჩამოიტანა 30 მლნ ტონაზე მეტი ნაშალი მასალა, ამოავსო მდ. გენაღდონის ხეობა 8 კმ მანძილზე, დაახარაღა 5 სოფელი და შეიწირა 150 ადამიანის სიცოცხლე.

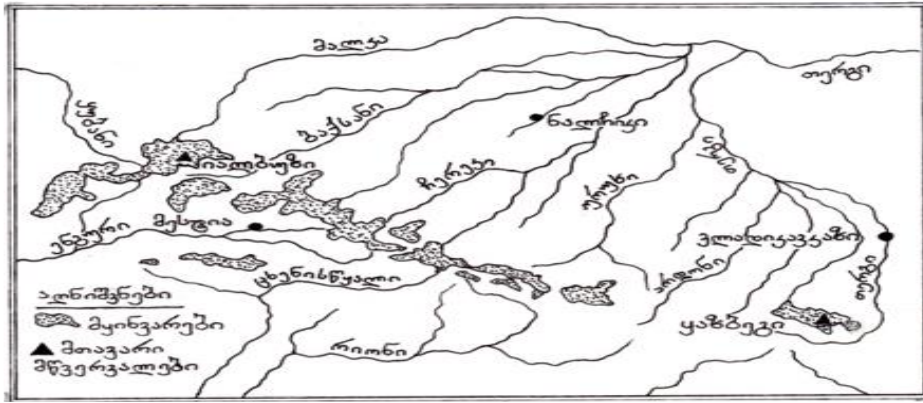
მყინვარების დეგრადაციასთან დაკავშირებული საშიში მოვლენების წარმოქმნისა და მასთან ადაპტირების ღონისძიებათა ჩვენს მიერ შემუშავებული სქემა მოყვანილია დანართში III.

კავკასიონის გამყინვარების 1850, 1890 და 1965 წლების მონაცემთა ანალიზის საფუძველზე ვ. ცომაიას მიერ მიღებულ იქნა, რომ დროის მთელ ამ პერიოდის მანძილზე კავკასიონის გამყინვარება ყოველწლიურად კარგავდა საშუალოდ 7.5 კმ² ფართობს. საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში მოცემული კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების სცენარის გათვალისწინებით ავტორის პროგნოზის თანახმად, 2150-2160 წლებისთვის სავარაუდოა კავკასიონის მთლიანი განთავისუფლება მყინვარებისგან [31].

2.5.3. ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა ევოლუცია 1985-2000 წწ. პერიოდში

1990 წლის შემდეგ კავკასიონის გამყინვარების შესახებ ინფორმაციის დანაკლისი გარკვეულწილად შევსებულ იქნა 2005-2007 წლებში გამოქვეყნებული შრომებით [24,25,32,33], რომლებშიც 1985-2000 წწ. პერიოდში ჩატარებული თანამგზავრული მონაცემებით ცენტრალური კავკასიონის 113 მყინვარისთვის დადგენილ იქნა უკან დახევისა და წინსვლის სიჩქარეები, მყინვარული ტბების წარმოშობის დინამიკა, აგრეთვე გლობალური დათბობის ფონზე, კონკრეტული მყინვარების მაგალითზე შესწავლილ იქნა კავშირი მყინვარის მასის ბალანსსა და ამავე რეგიონში მიმდინარე ატმოსფეროს ფართომასშტაბურ ცირკულაციურ პროცესებს შორის.

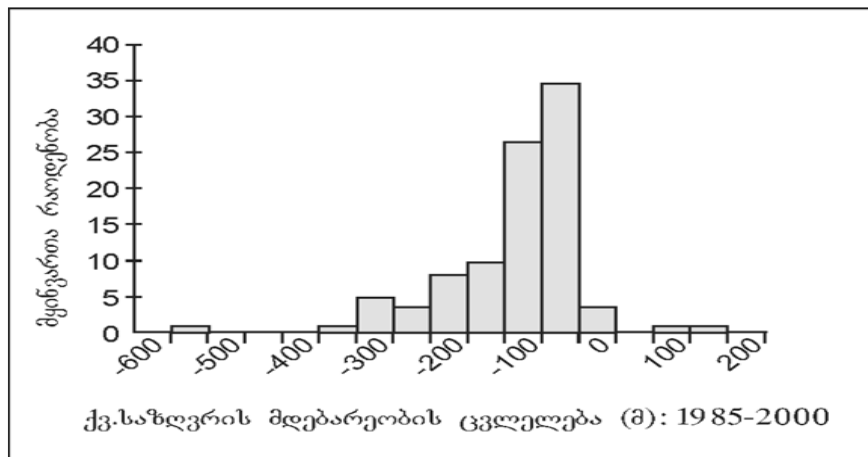
საკვლევე მასალას წარმოადგენს “Landsat” ხელოვნური თანამგზავრიდან 1985 წლის 3 აგვისტოს, 1991 წლის 28 სექტემბერს და 2000 წლის 5 სექტემბერს მიღებული სატელევიზიო გამოსახულებები, რომლებიც გაანალიზებული იქნა 25 მ გარჩევისუნარიანობით. სამივე შემთხვევა შეესაბამება აბლაციის სეზონის დასასრულს და მოწმენდილი ამინდის პირობებს, როდესაც თოვლის საფარის გავლენა მყინვარებზე მინიმალურია და ღრუბელთა არარსებობა ხელს უწყობს დედამიწის ზედაპირზე ობიექტების სრულფასოვან გარჩევას. საკვლევე რეგიონად შერჩეულ იქნა კვადრანტი ზომებით 180 კმ X 180 კმ კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში, რომელიც მოიცავს იაღბუჯისა და ყაზბეგის გამყინვარებებს. ამ კვადრანტის ნაწილი ნაჩვენებია ნახაზზე 2.5.3.1.



ნახ. 2.5.3.1. საკელევი ტერიტორიის ძირითადი ნაწილი.

• მყინვართა ზომის ცვლილება

აღნიშნულ რეგიონში გამოყოფილი იქნა 113 მყინვარი, რომელთაგან 28 საქართველოს ტერიტორიაზე იმყოფება. სიზუსტით ± 25 მ იზომებოდა მათი ქვედა საზღვრის მდებარეობა და მისი ცვლილებით განისაზღვრებოდა დროის განხილულ პერიოდში მყინვარის ენის ქვედა საზღვრის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე. შედეგები მოყვანილია ნახაზზე 2.5.3.2. ამ ნახაზის კორიზონტალურ ღერძზე აღნიშნულია განხილულ პერიოდში მყინვარების ენის სიგრძის ცვლილება მეტრებში, ხოლო ვერტიკალურ ღერძზე – ცვლილების აღნიშნულ ჯგუფში მოხვედრილ მყინვართა რაოდენობა. კერძოდ, ნახაზიდან ჩანს, რომ უკანდახევა -50 მეტრამდე დაფიქსირდა 35 მყინვარისთვის, ხოლო -100 მეტრამდე 27 მყინვარისთვის.



ნახ. 2.5.3.2. კავკასიონის 113 მყინვარის ქვედა საზღვრის ცვლილება 1985-2000 წწ. პერიოდში [32].

გაზომილი მყინვარების საერთო რაოდენობიდან 106 მყინვარისთვის (94%), 1985-2000 წლებს შორის დაფიქსირდა უკანდახევა, 5 მყინვარის ქვედა საზღვარმა არ შეიცვალა მდებარეობა (4%), ხოლო ორმა მყინვარმა წინ წაიწია (2%). მყინვართა უკანდახევის საშუალო მანძილმა შეადგინა 121 ± 25 მ და საშუალო სიჩქარემ - 8,1 მ წელიწადში. უკანდახევის მაქსიმალური სიდიდეები აღინიშნა მყინვარ ყარაუგომისთვის (მანძილი - 517 მ, სიჩქარე - 38 მ/წ). ამავე დროს, წინსვლის მაქსიმალური მაჩვენებლები აღმოაჩნდა მყინვარ მიჟირგის (მანძილი 108 მ, სიჩქარე 7,2 მ/წ). მყინვართა უმეტესი ნაწილისთვის (70%) უკუქცევის

მანძილმა შეადგინა 0 - 150 მ. უკანდახევის სიჩქარე დამოკიდებული აღმოჩნდა მყინვართა ზომაზე – დიდი მყინვარებისათვის, რომელთა ფართობი აღემატება 10 კმ², ამ სიდიდემ საშუალოდ შედგინა 12 მ/წ, მაშინ როცა მცირე მყინვარებისთვის ფართობით <1 კმ², უკანდახევის საშუალო სიჩქარე არ აღემატება 6 მ/წ.

განხილულ წლებში ცენტრალური კავკასიონის მეტეოროლოგიური რეჟიმის დასახასიათებლად გამოყენებულ იქნა იალბუზის ფერდობზე 2141 მ სიმაღლეზე მდებარე მეტეოსადგურ ტერსკოლის დაკვირვების მასალები. ამ მონაცემების ანალიზმა ცხადყო, რომ 1985-2000 წლებში მყინვართა უკუქცევის საშუალო სიჩქარეს 8,1 მ/წ შეესაბამება აბლაციის სეზონის (მაისი-სექტემბერი) განმავლობაში ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ზრდა 0,1⁰C-ით წელიწადში. ეს სიდიდე იძლევა ათწლეულში ტემპერატურის ნაზრდს 1⁰C, რაც თითქმის ემთხვევა ქუთაისში 1990-2000 წლებს შორის ათწლეულების საშუალებით შეფასებულ წლიური ტემპერატურის ნამატს (0,9⁰C) და მკვეთრად განსხვავდება თბილისისთვის დადგენილ ანალოგიური სიდიდის მნიშვნელობისგან (0,2⁰C) (იხ.ნახ. 2.2.3.2). მიღებული შედეგი მოწმობს, რომ ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში გლობალური დათბობის შედეგად ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის რეჟიმი გარკვეული მიახლოებით შეიძლება შეფასდეს დასავლეთ საქართველოს კლიმატური ოლქის მონაცემებით. სამწუხაროდ, ყაზბეგი - მაღალმთიანისა და მამისონის უღელტეხილის მეტეოსადგურების ბოლო ათწლეულებში დაკვირვების მასალების არარსებობა შეუძლებელს ხდის ამ წინასწარი დასკვნის პრაქტიკულ შემოწმებას.

მყინვარების უკუქცევას თან სდევს მათ ზედაპირზე მორენული ნაშალით დაკავებული ფართის ზრდა. გაზომვებმა აჩვენა, რომ თუ 1985 წელს ყველა შერჩეული მყინვარისთვის ნაშალისაგან თავისუფალი, გლუვი ყინულის საერთო ფართობი შეადგენდა ~1260 კმ², 2000 წლისთვის ეს სიდიდე შემცირდა ~1136 კმ² –მდე, რასაც მყინვართა საერთო ფართობის შემცირების გათვალისწინებით შეესაბამება ნაშალით დაკავებული ფართობის 6 – 9 %-ით ზრდა. აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა მყინვარებისთვის ამ ფართობის შეფარდება მყინვარის მთელ ფართობთან დიდ ფარგლებში იცვლება. მაგალითად, ბუეღუხის მყინვარისთვის ეს სიდიდე დროის განხილულ მონაკვეთში შეადგენდა 2-3%-ს, მაშინ როცა შხელდის მყინვარისათვის იგი იცვლებოდა 24 - 28%-ის ფარგლებში.

მორენული ნაშალის თხელი ფენა (სისქით 1 – 2 სმ-ზე ნაკლები) იწვევს მყინვარის ალბედოს შემცირებას და ხელს უწყობს მისი დნობის დაჩქარებას, ხოლო სქელი ფენა (10 სმ-ზე მეტი) იცავს ყინულის ზედაპირს მზის პირდაპირი რადიაციისგან და ამგვარად მნიშვნელოვნად ამცირებს აბლაციას. მყინვარის დნობის შედეგად ხდება აგრეთვე მყინვარში ჩაყინული კლდოვანი ნამსხვრევების ზედაპირზე გამოჩენა, რაც მზისა და მეზობელი ფერდობებიდან მოსული რადიაციისა და ნამსხვრევებისგან გამოყოფილი სითბოს ზეგავლენით კიდევ უფრო აჩქარებს მყინვარის გადნობას. აღნიშნული პროცესების შედეგად ხდება ბევრი მყინვარის ნაწილებად დაშლა. ძირითადი მასისგან კვებას მოწყვეტილი მყინვარის ასეთი ნაწილები თანდათან იქცევა მყინვარული წარმოშობის ტბებად, რომელთა რაოდენობა მყინვართა დეგრადაციის პროცესში იზრდება.

- **მყინვარული წარმოშობის ტბების რაოდენობის ზრდა**

ხემათ განხილული თანამგზავრული ინფორმაცია გამოყენებული იქნა აგრეთვე ცენტრალური კავკასიონის რეგიონში მყინვარების ევოლუციის შედეგად წარმოქმნილი ტბების 1985-2000 წლებში რაოდენობისა და ზომის ცვლილების შესაფასებლად.

მიღებულ იქნა, რომ 1985 წელს საკვლევი რეგიონში კავკასიონის ჩრდილო ფერდობებზე ფიქსირდებოდა მყინვარული წარმოშობის 16 ტბა ზედაპირის საერთო ფართობით 0.2423 კმ². 2000 წლისთვის ტბების რაოდენობამ მიაღწია 24-ს და მათი სარკის საერთო ფართობი გაიზარდა 0.3815 კმ², ანუ მოიმატა 57%-ით, რაც მოწმობს გლობალური დათბობის ზეგავლენით ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა დეგრადაციის პროცესის დაჩქარებას.

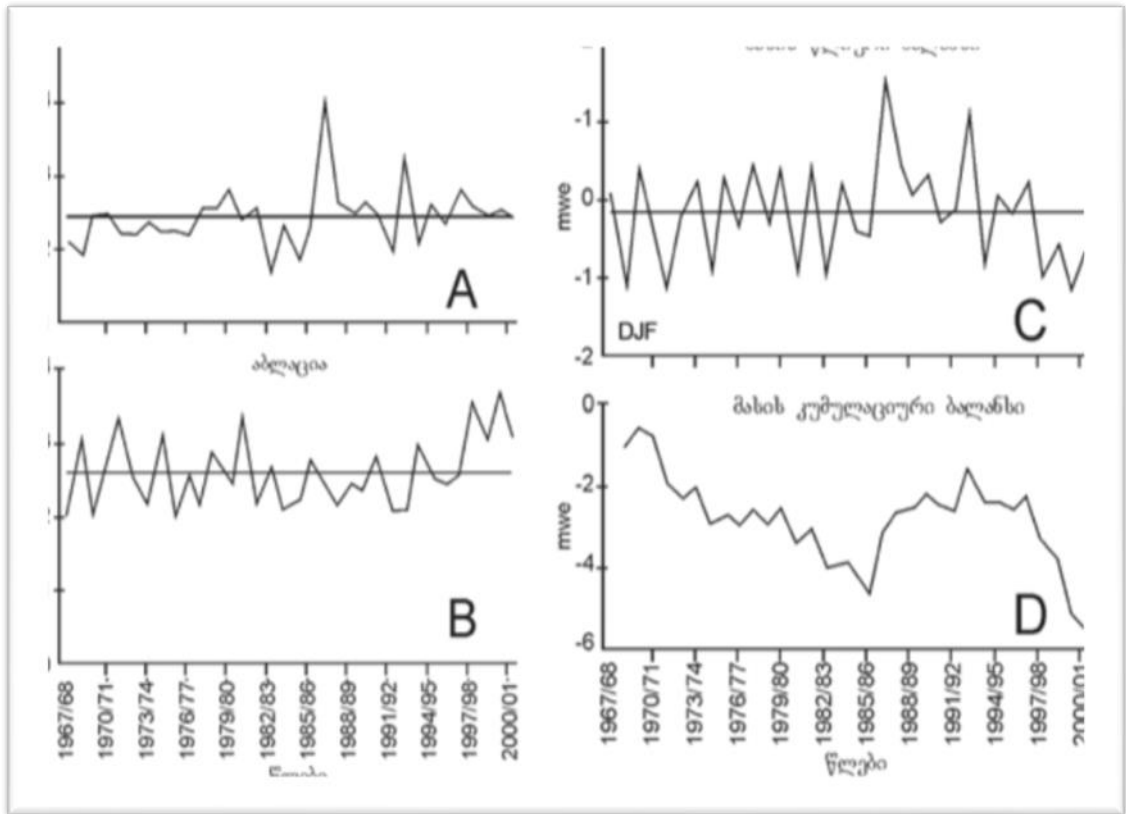
მყინვარის ენის ბოლოში არსებული მორენული ნაშალი მასალა, როგორც წესი, ხელს უწყობს წარმოქმნილ ტბებში წყლის შეგუბებას. მყინვარის დნობის შედეგად ამ წყლის რაოდენობა მატულობს. ეს, ნაშალში მიმდინარე პროცესებთან ერთად, შეიძლება დასრულდეს მისი გარღვევით და მყინვარის ხეობის ქვედა ნაწილში კატასტროფული წყალმოვარდნით, რამაც შესაძლებელია დიდი ზიანი მიაყენოს აქ მდებარე დასახლებულ პუნქტებსა და სამეურნეო ობიექტებს. ყოველივე ეს მოითხოვს სათანადო საადაპტაციო ღონისძიებათა განხორციელებას კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მავნე ზემოქმედების ამ მიმართულებით შესამცირებლად.

• **მყინვარის მასის ბალანსის ცვალებადობა კლიმატურ ელემენტებთან კავშირში (ჯანყუათის მყინვარის მაგალითზე)**

ცენტრალური კავკასიონის რეგიონში კლიმატური ელემენტების ცვლილებასა და მყინვარის მასის ბალანსის ცვალებადობას შორის კავშირის შესასწავლად შერჩეულ იქნა მყინვარი ჯანყუათი, რომელზედაც მასის ბალანსზე დაკვირვებები წარმოებს 1967 წლიდან. ამჟამად ეს მყინვარი შესულია სარეპერო მყინვარების საერთაშორისო ნუსხაში და მას უნდა შედარდეს რეგიონის სხვა მყინვარებზე ჩატარებულ დაკვირვებათა მონაცემები. მყინვარი მდებარეობს კავკასიონის ჩრდილო ფერდობზე, იალბუჯის მწვერვალთან სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით 28კმ მანძილზე. მისი სიმაღლე იცვლება 2700-3900 მ ფარგლებში და ფართობი შეადგენს 3,0 კმ².

მყინვარის მეტეოროლოგიური რეჟიმის დასახასიათებლად გამოყენებულ იქნა მეტეოსადგურ ტერსკოლზე 1951 წლიდან წარმოებულ დაკვირვებათა მონაცემები. სადგური მდებარეობს იალბუჯის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ფერდობზე, ჯანყუათისგან 16კმ მანძილზე. მყინვარის ენის ბოლოში ეპიზოდურად ჩატარებული მეტეოროლოგიური დაკვირვებების შედარებამ ტერსკოლის მეტეოსადგურის მონაცემებთან აჩვენა, რომ ჰაერის ტემპერატურის დღის საშუალო მნიშვნელობებს შორის კორელაციის კოეფიციენტი შეადგენს 0,82. საკმაოდ ახლო თანხედენა აღმოჩნდა აგრეთვე ნალექთა გაზომილ ჯამებს შორის.

1967-2001 წლებში მყინვარ ჯანყუათის სეზონური აკუმულაციის, აბლაციის, მასის ბალანსის, აგრეთვე კუმულაციური (მრავალწლიური) მასის ბალანსის დროში ცვალებადობა წარმოდგენილია ნახაზზე 2.5.3.3. ყველა სიდიდეები



ნახ. 2.5.3.3. მყინვარ ჯანყუათის აკუმულაციის (A), აბლაციის (B), წლიური მასის ბალანსის (C) და კუმულაციური მასის ბალანსის (D) ყოველწლიური ცვალებადობა m.e. ერთეულებში. სწორი ხაზები აღნიშნავს აკუმულაციისა და აბლაციის საშუალო მნიშვნელობებს და მყინვარის ნულოვან მასის ბალანსს.

მოყვანილია წყლის ექვივალენტის მეტრებში (m.w.e.). მასის წლიური ბალანსი შეესაბამება სხვაობას აკუმულაციისა და აბლაციის სეზონურ მნიშვნელობებს შორის, ხოლო კუმულაციური ბალანსის ცვლილება აღნიშნავს მისი მრავალწლიური მასის ცვალებადობას ყოველწლიური ცვლილებების გათვალისწინებით. როგორც ამ ნახაზიდან ჩანს, მყინვარის ჯამური მასის ბალანსი 1970-1986წწ. პერიოდში თანაბრად მცირდებოდა. ეს პროცესი დაირღვა 1986/1987 და 1992/1993 წლების ანომალურად უხვთოვლიან ზამთრებში, როდესაც დაფიქსირდა აკუმულაციის სარეკორდო მნიშვნელობები (შესაბამისად 4,0 და 3,2 მ წყლის ექვივალენტში). ამან ნაწილობრივ უზრუნველყო ჯანყუათის მასის ბალანსის აღდგენა, თუმცა შემდგომში ეს ტენდენცია კვლავ შეიცვალა მასის ბალანსის უარყოფითი ტრენდით, რომელიც განსაკუთრებით გაძლიერდა 1996/1997 წლების სეზონის შემდეგ.

მყინვარზე მასის ბალანსის ელემენტებზე ჩატარებულ დაკვირვებათა და ტერსკოლზე მეტეოროლოგიური გაზომვების შედეგების ერთობლივმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ზამთრის სეზონში (ოქტომბერი-აპრილი) აკუმულაციისა და ნალექთა ჯამებს შორის დადებითი კორელაცია საკმაოდ მჭიდროა ($r=0,68$ ნიშნადობის დონეზე 0.01). რაც შეეხება აბლაციას, იენის-აგვისტოს თვეებში მისი კორელაციის კოეფიციენტი ჰაერის საშუალო ტემპერატურასთან აღმოჩნდა $r=0,61$, ხოლო მაქსიმალურ ტემპერატურასთან $r=0,77$.

აბლაციის სეზონის 1980-იან წლებიდან დაფიქსირებულმა დათბობამ გამოიწვია მყინვარის ყოველწლიური მასის ბალანსის უარყოფითი ტრენდი 1986

წლიდან და კუმულაციური მასის ბალანსის მკვეთრი შემცირება 1996 წლის შემდეგ.

ჯანყუათის მასის ბალანსისა და მისი ელემენტების საშუალო მნიშვნელობები მოტანილია ცხრილში 2.5.3.1, რომელშიც შევიდა 2002-2003 წწ. მონაცემებიც.

ცხრილი 2.5.3.1. მყინვარ ჯანყუათის მასის ბალანსის ელემენტების საშუალო მნიშვნელობები 1966/1967 – 2002/2003 წწ. პერიოდში

ელემენტი	საშუალო მნიშვნელობა, m.w.e
აკუმულაცია	2.43
აბლაცია	2.56
სხვაობა (მასის წლიური ბალანსი)	-0.13

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ საშუალო მრავალწლიურ ჭრილში ჯანყუათის მასის ბალანსი 1966-2003 წლებში ხასიათდებოდა უარყოფითი ტრენდით, რაც გამოვლინდა მისი ზომების შემცირებაში. კერძოდ, ზემოთ ნახსენებმა გაზომვებმა ცხადყო, რომ 1985-2000 წწ. პერიოდში მყინვარის ქვედა საზღვარმა დაიხია 30 მეტრით უკან, რასაც შეესაბამება უკანდახევის საშუალო სიჩქარე 2 მ/წ. უკუქცევის ეს სიჩქარე გაცილებით ნაკლებია ამავე ზომისა და ანალოგიურ სიმაღლეებზე მყოფი სხვა მყინვარების უკანდახევის საშუალო სიჩქარეზე, რომელმაც ამავე პერიოდში შეადგინა 8-9 მ/წ.

ცხრილიდან შეიძლება მიღებულ იქნას, რომ თუ აქტიური აბლაციის სეზონად ჩაითვლება 4 თვე (ივნისი-სექტემბერი), ამ პროცესის საშუალო სიჩქარე, გაანგარიშებული დაკვირვების მთელი პერიოდისთვის, შეადგენს 2 სმ დღეში. აბლაციის სიჩქარის დასაზუსტებლად 2005 წელს ჯანყუათის მყინვარზე, ივნის-ოქტომბრის თვეებში ავტომატური მეტეოროლოგიური სადგურის გამოყენებით ჩატარდა დეტალური დაკვირვებები, რომელთა შედეგად დადგენილ იქნა აბლაციის საშუალო სიჩქარეები სხვადასხვა სინოპტიკური პროცესების დროს. აღმოჩნდა, რომ ეს სიჩქარეები იცვლება 0,6-6,7 სმ/დღე ფარგლებში და აბლაციის სეზონის 4 თვეში საშუალოდ შეადგენს 4,2 სმ/დღე.

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ მიღებული სიდიდე ახლოს აღმოჩნდა საქართველოს ტერიტორიაზე კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე 2000 წელს ჩატარებული 6 მყინვარის გამოკვლევის შედეგებთან, სადაც ზედაპირული აბლაციის საშუალო სიჩქარე ტოლი აღმოჩნდა 4,7 სმ დღეში [29].

2.5.4. კავშირი ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა მასის ბალანსისა და ატმოსფეროს ფართომასშტაბური ცირკულაციის ანომალიებს შორის

ბოლო საუკუნის განმავლობაში მიმდინარე გლობალური დათბობა გარკვეულ გავლენას ახდენს ატმოსფეროში მიმდინარე ფართომასშტაბურ ცირკულაციურ პროცესებზედაც, რადგანაც ქვეყნილი ზედაპირის (ხმელეთისა და ოკეანის) თერმული რეჟიმის ცვლილება იწვევს შესაბამის ძვრებს მასთან დაკავშირებულ ცირკულაციურ პროცესებში. ანგარიშში [12] მოყვანილი ცნობების თანახმად, გლობალურმა დათბობამ უკვე გამოიწვია გარკვეული ცვლილებები აღნიშნულ პროცესებში, რაც გამოიხატა პოლუსებისკენ მათ გადაანაცვლებაში და დასავლეთის ქარების გაძლიერებაში. თავის მხრივ,

დასავლეთის ქარების გაძლიერება წარმოადგენს ძირითად ფაქტორს, რომელიც განაპირობებს ზამთარში ტროპიკული გრივალების ტრაექტორიების შეცვლას და შესაბამის ცვლილებებს საშუალო და მაღალ განედებში ნალექთა და ტემპერატურის ტრენდებში.

აღინიშნა აგრეთვე ცვლილებები ოკეანესა და ატმოსფეროს ურთიერთქმედებაში წყნარი ოკეანის ზედაპირზე. კერძოდ, 1970-იანი წლების შუა პერიოდიდან ელ-ნინოს სამხრეთის ოსცილაციის (ENSO) თბილი ეპიზოდების რიცხვმა შესამჩნევად იმატა ცივი ეპიზოდების (ლა-ნინია) რიცხვთან შედარებით.

მას თან მოჰყვა ძლიერი ქარიშხლების პროპორციის აშკარა ზრდა ტროპიკული გრივალების საერთო რიცხვში, რომელიც ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე თითქმის არ შეცვლილა. ამავე დროს, 1990-იან წლებში ჩრდილო ატლანტიკის ოსცილაციის (NAO) ევროპულ სექტორში პოზიტიური ფაზების გახშირებამ გამოიწვია ჩრდილო ევროპაში ნალექთა ზრდა, ხოლო მათი შემცირება – ხმელთაშუა ზღვისა და ჩრდილო აფრიკის რეგიონებში.

ანალოგიურად, ჩრდილო ამერიკაში ENSO-სთან დაკავშირებულმა პროცესებმა განაპირობა ტემპერატურისა და ნალექთა მკვეთრი გადახაწილება კონტინენტის აღმოსავლეთ და დასავლეთ ნაწილებს შორის.

იმის გათვალისწინებით, რომ მყინვარის მასის ბალანსის ფორმირებაში გადამწყვეტ როლს ასრულებს სხვადასხვა სინოპტიკურ პროცესებთან დაკავშირებული ტემპერატურისა და ნალექების ცვალებადობა, ცენტრალური კავკასიონის მყინვარებზე გლობალური დათბობის გავლენის დასადგენად გარკვეულ ინტერესს შეადგენს აკუმულაციისა და აბლაციის განსხვავებული რეჟიმების გამომწვევი ატმოსფერული ცირკულაციის ფართომასშტაბური პროცესების შესწავლა. ამ საკითხის კვლევას საქართველოში საკმაოდ დიდი ხნის ისტორია გააჩნია [26]. ქვემოთ ჩვენ შევჩერდებით ბოლოდროინდელი გამოკვლევის [24] შედეგებზე. მასში ანალიზი ძირითადად ჩატარდა 500 და 700 კპა გეოპოტენციალის სიმაღლის ანომალიის რუკების გამოყენებით, რომლებიც შესაბამისად ასახავს ბარიული ველის განაწილებას ზღვის დონიდან დაახლოებით 5 და 3 კმ სიმაღლეზე.

კლიმატის ცვალებადობის გამომწვევი, რეგიონზე მოქმედი სინოპტიკური პროცესებიდან ავტორებმა გამოყვეს შორეული კავშირის 3 მექანიზმი: ზემოთ უკვე ნახსენები NAO, სკანდინავიური შორეული კავშირი (SCA) და წყნარი ოკეანის ჩრდილო ნაწილთან შორეული კავშირი (NP), რომლებიც, მათი აზრით, მთავარ როლს ასრულებენ შერჩეულ რეგიონში მეტეოროლოგიური ელემენტების ფორმირებაში. თითოეული მექანიზმისთვის გაანგარიშებულ იქნა შესაბამისი ინდექსების თვის საშუალო მნიშვნელობები, რომლებიც შედარდა 1967-2003 წლებში ჯანყუათის მყინვარზე აკუმულაციაზე და აბლაციაზე ჩატარებული დაკვირვების შედეგებს.

დადგენილ იქნა, რომ არსებობს სუსტი, მაგრამ სტატისტიკურად ნიშნადი კორელაცია ჯანყუათზე აკუმულაციასა და SCA შორეულ კავშირის მექანიზმს შორის. აკუმულაციის სეზონის დასაწყისში SCA დადებითი ფაზის ხშირი განმეორადობა იწვევს საშუალოზე ნაკლებ თოვლიანობას ცენტრალური კავკასიონის მთებში, რაც მკაფიოდ გამოვლინდა 1983-1985 წლების ზამთრის სეზონებში.

კავშირი NP-სა და ჯანყუათზე თოვლის აკუმულაციას შორის სუსტი აღმოჩნდა, თუმცა აღინიშნა კორელაცია ზამთრის თვეებში ნალექთა დადებით ანომალიებსა და NAO-ს უარყოფითი ფაზის განმეორებას შორის. ძლიერი დადებითი კორელაცია გამოვლინდა ჯანყუათზე აკუმულაციასა და ბისკაის ყურეზე ატმოსფერული ცირკულაციის ანომალიებს შორის.

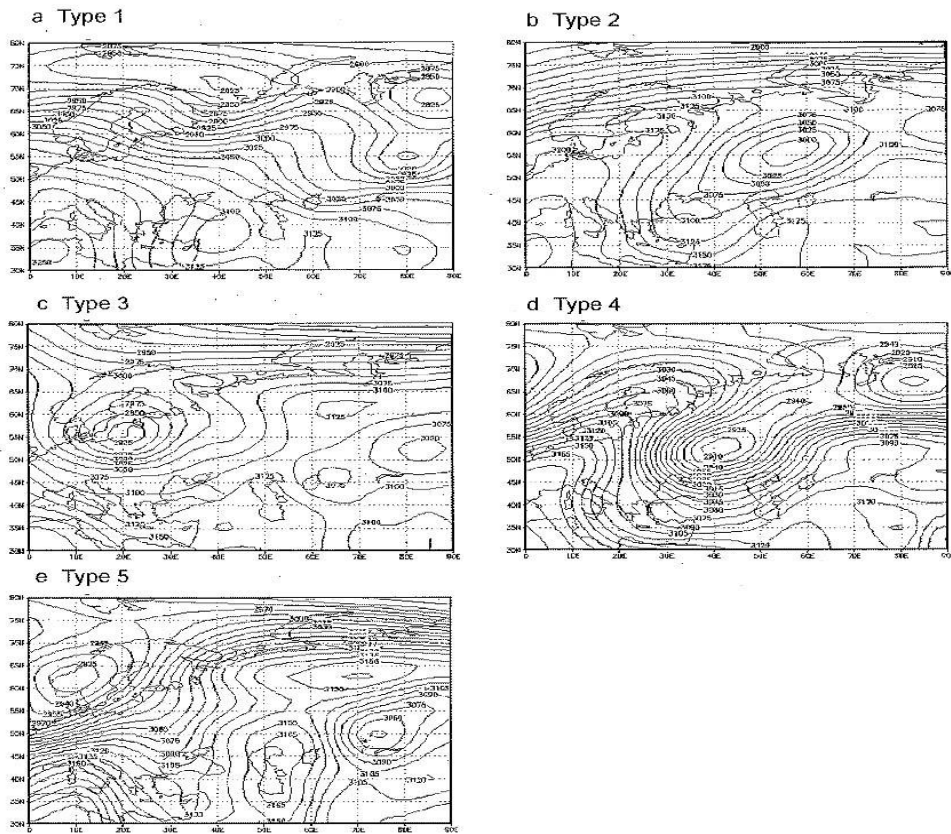
შეიმჩნევა კავშირი NP მექანიზმის დადებით (უარყოფით) ფაზასა და კავკასიონის თავზე გეოპოტენციალის სიმაღლის და ტემპერატურის უარყოფით (დადებით) ანომალიებს შორის, რაც ვლინდება მყინვარის დნობის შესაბამისად შემცირებულ (გაზრდილ) გადახრებში. არსებობს მოსაზრება, რომ NP გადახრის დადებითი ფაზა შესაძლებელია დაკავშირებული იყოს ელ-ნინოს სამხრეთის რხევის (ENSO) ზემოქმედებასთან [34]. ამის გათვალისწინებით, ავტორების აზრით, არაა გამორიცხული, რომ შორეული უკუკავშირი ტროპიკებში წყნარი ოკეანის ზედაპირის ტემპერატურასა და კავკასიონზე ზაფხულის ტემპერატურას შორის ხორციელდება წყნარი ოკეანის ჩრდილო ნაწილში მიმდინარე პროცესების მეშვეობით.

გარდა ამისა, 2005 წლის აბლაციის სეზონის დეტალური ანალიზისას [25] ავტორები შეეცადნენ ევრაზიის კონტინენტის დასავლეთ ნაწილში გამოეყოთ სინოპტიკური სიტუაციების 5 ტიპი, რომლებიც განაპირობებენ დროის აღნიშნულ პერიოდში აბლაციის პროცესის სხვადასხვაგვარ მსვლელობას (ნახ. 2.5.4.1).

ტიპი 1 ხასიათდება დაბალი წნევის სისტემის განვითარებით ატლანტიკის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში და მისი გავრცელებით აღმოსავლეთის ან სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით (ნახ. 2.5.4.1. -a). ამ დროს კავკასიონის თავზე ვრცელდება დასავლეთის ძლიერი ნაკადები, რომლებიც განაპირობებს მეტეოროლოგიური ელემენტების და, შესაბამისად, აბლაციის სიჩქარის საშუალო სეზონურთან ახლო მნიშვნელობას, მაგრამ შედარებით მცირე ნალექიანობას (ცხრილი 2.5.4.1). სინოპტიკური სიტუაციის ეს ტიპი ყველაზე ხშირად მეორდებოდა საკვლევ რეგიონში 2005 წლის აბლაციის სეზონში.

ტიპი 2 გამოირჩევა ღარის გავრცელებით დასავლეთ ციმბირის თავზე განვითარებული დაბალი წნევის ცენტრიდან კავკასიის რეგიონისკენ (ნახ. 2.5.4.1-b), რის შედეგადაც კავკასიონზე სჭარბობს დრუბლიანი ამინდი ნალექთა (ძირითადად წვიმის სახით) დღეღამური ჯამებით 2-10 მმ. ამ პროცესის დროს ჰაერის ტემპერატურა და მზის რადიაციის ინტენსივობა ნაკლებია სეზონის საშუალო მნიშვნელობებზე და ამიტომ აბლაციის სიჩქარე თითქმის 2-ჯერ ნაკლებია ივნის-სექტემბრის საშუალოზე.

ტიპი 3-თვის დამახასიათებელია აზორის ანტიციკლონის ჩრდილო-აღმოსავლეთისკენ გავრცელება (2.5.4.1-c) და NAO-ს ძლიერი დადებითი დღეღამური ინდექსები. სინოპტიკური სიტუაციის ამ ტიპისთვის დამახასიათებელია მოწმენდილი ცა, საშუალოზე მაღალი ტემპერატურები, მზის რადიაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები და აბლაციის ყველაზე დიდი სიჩქარეები. ნალექები იშვიათია და მათი დღეღამური ჯამები მხოლოდ ცალკეულ დღეებში აჭარბებს 10 მმ. ამ ტიპისათვის ხშირია ფიონური მოვლენები, რომლის დროსაც აბლაციის დღეღამური სიჩქარე აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას 210 მმ. we. კორელაციური კავშირი NAO-ს ინდექსსა და სეზონურ აბლაციას შორის არ გამოდგა მჭიდრო და ვერ დააკმაყოფილა საიმედოობის 95%-იანი ტესტი. მიუხედავად ამისა სინოპტიკურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ არსებობს კავშირი ზაფხულში NAO-ს ინდექსსა და ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა დნობას შორის, კერძოდ კი ძლიერი დადებითი NAO იწვევს მყინვართა დნობის დაჩქარებას დღეღამის განმავლობაში.



ნახ. 2.5.4.1. 2005 წლის აბლაციის სეზონში გამოყოფილი ტიპური სინოპტიკური პროცესების შესაბამისი (ამსახველი) 700 ჰპა გეოპოტენციალის სიმაღლის გასაშუალოებული რუკები.

ტიპი 4 ხასიათდება ჩრდილოეთიდან წამოსული ღრმა ღარის გავრცელებით კავკასიონის მთებზე (ნახ. 2.5.4.1-d). ამ კატეგორიისათვის ტიპურია დაბალი ტემპერატურები და ნალექები, რომლებიც 2650 მ ზევით მოდის უმეტესად თოვლის სახით, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მყინვარის ზედაპირის ალბედოს. მიუხედავად იმისა, რომ დღის განმავლობაში მზის რადიაცია საშუალოზე მეტია, აბლაციის დღელამური სინქარეები ახლოსაა 0-თან და მისი საშუალო მნიშვნელობა 5,7 მმ we.დღეში განპირობებულია ცალკეულ დღეებში ძლიერი აბლაციით.

ტიპი 5 წარმოადგენს დაბალი წნევის გრადიენტულ ველებს, ან მცირე აზიიდან კასპიის ზღვისაკენ მიმართულ მაღალი წნევის თხემს და დაბალი წნევის არეს ცენტრით შავ ზღვაზე (ნახ. 2.5.4.1-e). საშუალოგადიანი პროგნოზების ევროპულ ცენტრში ჩატარებულმა მოდელურმა გამოთვლებმა დაადასტურა ამ ტიპის პროცესის დროს შავ ზღვიდან თბილი და ნოტიო ჰაერის ძლიერი ადვექციის არსებობა, რაც განაპირობებს ძლიერ მოდრუბულობას, მზის შემცირებულ რადიაციას, მაგრამ საშუალოზე მაღალ ტემპერატურას, აგრეთვე ხშირად უხვ ნალექებს დღელამური ჯამებით 10-35 მმ. აბლაციის დღელამური სინქარეები საშუალოზე მაღალია და უახლოვდება მე-3 ტიპის პროცესებისათვის დამახასიათებელ სინქარეს.

ცხრილი 2.5.4.1. მეტეოროლოგიური ელემენტებისა და აბლაციის სინქარის საშუალო მნიშვნელობები სხვადასხვა სინოპტიკური სიტუაციების დროს. მყინვარი ჯანყუათი, 2005 წლის ივნისი-სექტემბერი [24]

№	განხილული სიდიდე	სინოპტიკური სიტუაციის ტიპი					ივნის-სექტემბრის საშუალო
		1	2	3	4	5	
1	ატმოსფერული წნევა (კპა)	721	719	720	714	720	720
2	ჰაერის ტემპერატურა (°C)	6.0	4.7	7.2	1.2	7.8	5.6
3	ნალექთა დღელამური ჯამი (მმ)	2.3	5.3	2.0	3.7	9.2	4.5
4	ფარდობითი სინოტივე (%)	64	63	50	76	62	62
5	მზის მოსული რადიაცია ვტ/მ ²)	710	255	870	625	337	539
6	რადიაციული ბალანსი (ვტ/მ ²): 00 სთ 12 სთ	-52 596	-55 196	-80 731	-17 596	-43 276	-52 449
7	ალბედო	0.41	0.31	0.4 2	0.7 8	0.3 2	0.39
8	აბლაციის სიჩქარე (მმ .e./დღე)	48. 7	23.9	67. 4	5.7	58.1	42.5
	დღეების რაოდენობა	35	29	18	8	20	სულ 110 დღე

მიღებული შედეგებიდან ცხადია, რომ სინოპტიკური სიტუაციების გამოყოფილ ტიპებს შორის არსებითი განსხვავებაა მზის რადიაციის, რადიაციული ბალანსის, ჰაერის ტემპერატურის და აბლაციის დღელამური სიჩქარის მნიშვნელობებში. კორელაცია დნობის დღელამურ სიჩქარესა და ჰაერის ტემპერატურას შორის, აგრეთვე კავშირი აბლაციის ყველაზე მაღალ სიჩქარეებსა და მაღალი ტემპერატურის განმეპირობებულ სინოპტიკურ სიტუაციებს შორის მოწმობს იმას, რომ მყინვარის დნობის მთავარ განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს ჰაერის ტემპერატურა. რადიაციული ბალანსი შეადგენს ენერგიის ძირითად წყაროს.

ამრიგად, აბლაციის მაქსიმალური სიჩქარეები დაკავშირებულია მე-3 ტიპის სინოპტიკურ სიტუაციასთან, ხოლო მას მოჰყვება მე-5 ტიპის სიტუაცია. ამ უკანასკნელის განმეორადობამ 18% შეადგინა, თუმცა მასთან დაკავშირებული სითბოს ადვექცია და თბილი წვიმა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ცენტრალური კავკასიონის მყინვარების დნობაში.

ნაშრომში [29] ჩატარებულ ანალიზზე დაყრდნობით მიიღება, რომ 2000 წელს კავკასიონის მყინვარებზე გაზომილი აბლაციის მაღალი მნიშვნელობები (50-60 მმ/დღე) შეესაბამებოდა აეროსინოპტიკური სიტუაციის სწორედ მე-3 ტიპს. ნახაზიდან 2.5.4.1 ჩანს, რომ სიტუაციების ამ ტიპთან დაკავშირებულია კავკასიის ტერიტორიაზე დასავლეთის ქარების პრევალირება. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გლობალური დათბობა ზოგადად ხასიათდება დასავლეთის ქარების გაძლიერებით, რაც კავკასიის რეგიონის კერძო შემთხვევაში, სავარაუდოდ, გამოიწვევს მომავალშიც კავკასიონის მყინვარებზე აბლაციის პროცესების გაძლიერებას და, შესაბამისად, მათ შემდგომ დეგრადაციას.

ზემოთ მიმოხილული ოთხივე ნაშრომი [26,27,32,33] უფრო დეტალურად არის გაანალიზებული სტატიაში [35].

2.6. ძირითადი შედეგები

1. საქართველოს სამ კლიმატურ ოლქში შერჩეულ იქნა საუკუნოვანი დაკვირვების რიგის მქონე 3 საკვანძო მეტეოროლოგიური სადგური (თბილისი, ქუთაისი და ახალქალაქი), რომლებისათვისაც დეტალურად გაანალიზდა გავლილი 100 წლის მანძილზე ჰაერის ტემპერატურისა და ნალექთა ცვალებადობის თავისებურებანი. შეფასებული იქნა ამ სადგურებზე ტემპერატურული რეჟიმის რეპრეზენტატულობა შესაბამისი ოლქების მთელი ტერიტორიისთვის. დადგენილი იქნა, რომ ამ სამი სადგურისათვის მიღებული შედეგები $1,1-1,6^{\circ}\text{C}$ სიზუსტით შეიძლება გავრცელდეს საქართველოს მთელი ტერიტორიის დაახლოებით 40% ფართობზე, რომელზედაც ცხოვრობს ქვეყნის მოსახლეობის თითქმის 90%.
2. გავლილი საუკუნის მანძილზე გამოყოფილი 3 კლიმატურ პერიოდს შორის საშუალო სეზონური და წლიური ტემპერატურების შედარებამ აჩვენა, რომ თბილისში პერიოდებს შორის დათბობას ადგილი ჰქონდა ყველა სეზონში, ქუთაისში საუკუნოვანი დათბობა აღინიშნა მხოლოდ გაზაფხულზე, ხოლო ახალქალაქში – გაზაფხულსა და ზაფხულში. შემოდგომაზე ამ ორივე სადგურზე აღინიშნა აგრილება. საშუალო წლიური ტემპერატურა ამ სადგურებზე არ შეცვლილა (ქუთაისი), ან აღინიშნა მისი მცირე მატება (ახალქალაქი).
3. თბილისში გასული თითქმის 130 წლის განმავლობაში საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ წრფივ აპროქსიმაციაში მოიმატა $1,0^{\circ}\text{C}$ -ით, ხოლო 1906-2005 წწ. პერიოდში ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები 1901-1950 წწ. საშუალოსგან გაიზარდა – $0,2^{\circ}\text{C}$ -დან $+0,7^{\circ}\text{C}$ -მდე. 1844-2008 წწ. პერიოდში ტემპერატურის ნორმიდან (1961-1990) დადებითი სეზონური გადახრების განმეორადობა ყველაზე მკვეთრად გაიზარდა ზამთარში და გაზაფხულზე, ხოლო ყველაზე ნაკლებად – შემოდგომაზე. ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების ზრდამ 1904-1930 და 1974-2008 კლიმატურ პერიოდებს შორის შემოდგომაზე შეადგინა $0,3^{\circ}\text{C}$, ხოლო დანარჩენ სეზონებში $0,7-1,2^{\circ}\text{C}$.
4. ქუთაისში წლის საშუალო ტემპერატურა გასული 120-ზე მეტი წლის მანძილზე წრფივ აპროქსიმაციაში გაიზარდა მხოლოდ $0,3^{\circ}\text{C}$ -ით. 1906-2005 წწ. პერიოდში ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები 1901-1950 წწ. საშუალოსგან 1990-იან წლებამდე იცვლებოდა $-0,3$ -დან $+0,2^{\circ}\text{C}$ -მდე, ხოლო ბოლო დეკადაში აღინიშნა ანომალიის მკვეთრი ზრდა $-0,2^{\circ}\text{C}$ -დან $+0,7^{\circ}\text{C}$ –მდე. ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების სხვაობები საუკუნის ერთმანეთის მომდევნო 30-წლიან კლიმატურ პერიოდებს შორის ძირითადად იცვლებოდა $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ფარგლებში. ბოლო პერიოდში წინა პერიოდთან შედარებით ტემპერატურის ზრდას ადგილი ჰქონდა მხოლოდ გაზაფხულზე. სხვა სეზონებში სხვაობები პერიოდებს შორის სხვადასხვა ნიშნის აღმოჩნდა.

5. ახალქალაქში წლის საშუალო ტემპერატურა გავლილი საუკუნის განმავლობაში წრფივი აპროქსიმაციით პრაქტიკულად არ შეცვლილა და მისი ნახრდი შეიძლება შეფასდეს მხოლოდ $0,1^{\circ}\text{C}$ -ით. ქუთაისის მსგავსად, 1906-2005 წლებში ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები 1901-1950 წწ. საშუალოსგან 1990-იან წლებამდე იცვლებოდა $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ფარგლებში, თუმცა ბოლო დეკადაში დაფიქსირდა ანომალიის საგრძნობი ზრდა $-0,1$ -დან $+0,3^{\circ}\text{C}$ –მდე. ტემპერატურის საშუალო სეზონური მნიშვნელობების სხვაობები კლიმატურ პერიოდებს შორის იცვლებოდა უმეტესწილად $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ ფარგლებში. დადებითი სხვაობების უწყვეტი მატება აღინიშნა გაზაფხულისა და ზაფხულის სეზონებში, ხოლო უარყოფითი მნიშვნელობებისა – შემოდგომაზე.

6. გასული 70 წლის მანძილზე სამივე საკვანძო მეტეოსადგურზე წრფივი აპროქსიმაციით აღინიშნა ნალექთა წლიური ჯამების შემცირება სხვადასხვა სიჩქარით, რომელმაც 10 წელზე გადაანგარიშებით შეადგინა: თბილისში 2 მმ, ქუთაისში 13 მმ და ახალქალაქში 8 მმ. წლიური ჯამების 10-წლიანი საშუალოების დროში ცვალებადობას სამივე მეტეოსადგურზე განსხვავებული ხასიათი ჰქონდა. კერძოდ, ბოლო ათწლეულში თბილისსა და ახალქალაქში ნალექთა საშუალო რაოდენობა დიდად არ შეცვლილა, მაშინ როცა ქუთაისში ეს სიდიდე მკვეთრად შემცირდა 15%-ით. საბაზისო პერიოდის (1961-1990) საშუალოებიდან ნალექთა სეზონური ჯამების გადახრის ანალიზმა აჩვენა, რომ სამივე კლიმატურ ოლქში გლობალური დათბობის შედეგად მკაფიოდ გამოიკვეთა სეზონური ნალექების არსებითი შემცირება (25-32%) შემოდგომაზე და მათი უმნიშვნელო დაკლება (1-11%) გაზაფხულზე. რაც შეეხება ზამთრის ნალექებს, თბილისსა და ახალქალაქში აღინიშნა მათი საგრძნობი ზრდა (20-25%), ხოლო ზაფხულში მათი მნიშვნელოვანი მატება (26%) დაფიქსირდა მხოლოდ თბილისში.

7. თბილისსა და ქუთაისში სხვადასხვა გენეზისის მქონე ძლიერი ქარების ($V \geq 20\text{მ/წმ}$) რეჟიმის 1946-2005 წწ. მანძილზე ცვალებადობის ანალიზმა აჩვენა, რომ განხილულ 4-თვიან პერიოდში (დეკემბერი-მარტი) – გასული საუკუნის 80-იან წლებამდე თბილისში ადგილი ჰქონდა ჩრდილო-დასავლეთის ძლიერი ქარების როგორც სიჩქარის, ისე სიხშირის შემცირებას, რის შემდეგაც დაიწყო მათი განმეორადობის მატება. ქუთაისში აღმოსავლეთის ძლიერი ქარებისთვის დადგენილ იქნა, რომ 1970-იან წლებამდე აღინიშნებოდა მათი სიჩქარის და სიხშირის ზრდა, რაც შემდგომში შეიცვალა მათი შემცირებით. მონაცემთა ერთობლივმა ანალიზმა აჩვენა აგრეთვე, რომ განხილული 60 წლის მანძილზე, 1990-იანი წლების გამოკლებით თბილისსა და ქუთაისში ადგილი ჰქონდა ძლიერი ქარების საშუალო მაქსიმუმიდან გადახრის ანტიფაზაში ცვალებადობას.

8. კლიმატის ცვლილების ერთ-ერთი მგრძობიარე ინდიკატორის – მყინვარების ცენტრალური კავკასიონის ფარგლებში 1964-1990 წლებში დინამიკის ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე შერჩეულ 9 მყინვარზე 1980-იან წლებამდე დაიკვირვებოდა როგორც უკან დახევის, ისე წინსვლის ეპიზოდები საშუალო სიჩქარით შესაბამისად 6,1 და 3,4 მ/წელი. მომდევნო წლებში მყინვარების აბსოლუტურ უმრავლესობაზე აღინიშნებოდა მხოლოდ

უკან დახევა საშუალო სიჩქარით 11 მ/წელი. რედინგისა და მოსკოვის უნივერსიტეტების სპეციალისტთა მიერ 1985-2000 წწ. პერიოდში ჩატარებული თანამგზავრული დაკვირვებების მონაცემთა ანალიზის თანახმად, ცენტრალური კავკასიონის 113 მყინვარიდან 106 მყინვარისთვის აღინიშნა უკან დახევა საშუალო სიჩქარით 8 მ/წელი ამავე პერიოდში რეგიონის მაღალმთიან ზონაში ჩატარებულმა მეტეოროლოგიურმა დაკვირვებებმა დააფიქსირა საშუალო წლიური ტემპერატურის მატება სიჩქარით 1⁰C/10 წელი. მიღებული სიდიდე ახლოსაა ქუთაისში 1990-2000 წლებს შორის შეფასებულ წლიური ტემპერატურის ნამატთან. ეს შედეგი საფუძველს იძლევა ვივარაუდოთ, რომ ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში გლობალური დათბობის შედეგად ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის რეჟიმი მიახლოებით შეიძლება შეფასდეს დასავლეთ საქართველოს კლიმატური მონაცემებით.

ლიტერატურა

1. კორძაია მ. საქართველოს ჰავა. საქ. მეცნ. აკად. გამომცემლობა, თბილისი, 1961.
2. Курорты и курортные ресурсы Грузинской ССР. ГУГК СССР, Москва, 1989.
3. Беручашвили Н.Л. Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. Изд. ТГУ, Тбилиси, 1995.
4. ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს კლიმატური რესურსები. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2007.
5. Климат Тбилиси (под ред. Г.Г. Сванидзе и Л.К. Папиашвили). Гидрометеоиздат, СПб, 1992
6. Справочник по климату СССР, вып.14, часть 2. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1967.
7. Справочник по климату СССР, вып.14, часть 3. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1968.
8. Справочник по климату СССР, вып.14, часть 4. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1970.
9. Справочник по климату СССР, вып.14. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть 1, температура воздуха. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1971.
10. გვარამაძე შ.ო. საქართველოს სსრ ადმინისტრაციულ-ტერიტორიული დაყოფა. საქ. სსრ უმაღლესი საბჭოს გამომცემლობა, თბილისი, 1966.
11. საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტროს სტატისტიკის დეპარტამენტი. ეროვნული ანგარიში. თბილისი, 2007.
12. Climate Change 2007. The physical science basis. IPCC, 2007
13. Climate Change 1995. WG I: Changes in sea level. IPCC, 1996, pp. 370-374.
14. Наставление по службе прогнозов, раздел 2. Служба метеорологических прогнозов, часть IV. Гидрометеоиздат, Москва, 1986, с. 27.
15. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. თბილისი, 2009.
16. Бериташвили Б.Ш., Чоговадзе И.В. О влиянии глобального потепления на циркуляционные процессы над Кавказским регионом. Изв. РАН., сер. географическая, 2007. №2, с.101-103.
17. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ. გასული საუკუნის მეორე ნახევარში კლიმატის ცვლილების თავისებურებანი საქართველოს ტერიტორიაზე. სტუ შრომები, ტ. თბილისი, 2011
18. Arend A.A. et al. Rapid wastage of Alaska glaciers and their contribution to rising sea level. Science, 2002, vol. 297, pp.382-386.
19. Francou B., et al. Tropical climate change recorded by a glacier in the central Andes during the last decade of the twentieth century. Chacaltaya, Bolivia, 16°S. Journ. Geophys. Res., 2003, vol.108 (D5), 4154.
20. Schonher W., Auer I. and Bohm R. Climate variability and glacier reaction in the Austrian eastern Alps. Ann Glaciol., 2000, vol.31, pp.31-38.

21. Хромова Т.Е., Чернова Л.Р. Реакция гляциологических систем Кавказа и Альп на климатические изменения. Материалы гляциологических исследований, 1996, вып.83, с.140-145.
22. Reichert B.K., Bengtsson L., Oerlemans J. Mid- latitude forcing mechanisms for glacier mass balance investigated using general circulation models. Journ. Clim., 2001, vol.14, pp. 3767-3784.
23. Washington R., et al. Northern Hemisphere teleconnection indices and the mass balance of Svalbard glaciers. Int.Journ. Climatol., 2000, vol.20, pp. 473-487.
24. Shahgedanova M., Stokes C.R., Gurney S.D. Interactions between mass balance, atmospheric circulation, and recent climate change on the Djankuat Glacier, Caucasus Mountains, Russia. Journ. Geophys. Res., 2005, vol.110, D04108.
25. Shahgedanova M., et al. Long-term change, interannual, and intra-seasonal variability in climate and glacier mass balance in the central Greater Caucasus, Russia. Ann. Glaciol., 2007, vol.46, pp.1-7.
26. Гигинеишвили В.М., Напетваридзе Е.А., Папинашвили К.И. Атмосферные процессы как фактор колебания ледников Большого Кавказа. Тр. ТбилНИГМИ, 1961, вып.8, с.3-9.
27. Водные ресурсы Закавказья (под ред. Г.Г.Сванидзе и В.Ш.Цома). Гидрометеоиздат, Ленинград, 1988.
28. Лурье П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. Гидрометеоиздат, СПб, 2002.
29. ჯანელიძე პ. მყინვარების როლის შეფასება საქართველოში მდინარეული ჩამონადენის ფორმირებაში. კლიმატის ცვლილების ეროვნული სააგენტო, თბილისი, 2000.
30. ჯანელიძე პ. საქართველოს ზოგიერთი მყინვარის მიმოხილვა. კლიმატის ცვლილების ეროვნული სააგენტო, თბილისი, 2002.
31. ცომაია ვ.შ. კავკასიონის გამყინვარების დინამიკა კლიმატის ცვლილების ფონზე და ყინულის საფარისაგან მისი განთავისუფლების პროგნოზი. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის შრომები, 2011, ტ. 116, გვ. 51-55.
32. Stokes C.R., et al. Late – 20th century changes in glacier extent in the Caucasus Mountains, Russia/Georgia. Journ. Glaciol., 2006, vol.52, No. 176, pp. 99-109.
33. Stokes C.R., et al. Recent glacier retreat in the Caucasus Mountains, Russia and associated increase in supraglacial debris cover and supra-/ proglacial lake development. Ann. Glaciol., 2007, vol.46, No. 176, pp.195-203.
34. Bell G.D., Janoviak J.E. Atmospheric circulation associated with the Midwest floods of 1993. BAMS, 1995, vol.76, pp.681-695.
35. ბერიტაშვილი ბ. ცენტრალური კავკასიონის მყინვართა ევოლუცია მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება. 2007 წელს მიღებული შედეგები. თბილისი, 2008, გვ. 136-155.

თავი 3. კლიმატის ცვლილების მიმართ საქართველოს რეგიონების მოწყვლადობისა და ადაპტაციის შესაძლებლობათა შეფასება

3.1. სისტემის მოწყვლადობა და ადაპტაციის უნარი

თანახმად IPCC მეოთხე შეფასების ანგარიშში მოყვანილი განმარტებებისა [1] **მოწყვლადობა (Vulnerability)** წარმოადგენს სისტემაზე კლიმატის ცვლილების უარყოფითი შედეგების, მათ შორის კლიმატის ცვალებადობისა და ექსტრემალური მოვლენების ზემოქმედების და მათთან გამკლავების შესაძლებლობის ხარისხს. მოწყვლადობა არის სისტემაზე მოქმედი კლიმატის ცვლილების ხასიათის, სიდიდისა და სიჩქარის, ამ სისტემის მგრძობიარობისა და ადაპტაციის უნარის ერთობლივი ფუნქცია.

მგრძობიარობა (Sensitivity) არის სისტემაზე კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ფაქტორების არასასურველი თუ სასურველი ზემოქმედების ხარისხი. ზემოქმედების შედეგი შეიძლება იყოს როგორც პირდაპირი (მაგ. საშუალო ტემპერატურის, მისი ცვალებადობის ან გავრცელების ცვლილების საპასუხოდ მოსავლის ცვლილება), ასევე ირიბი (მაგ. ზარალი, რომელიც გამოწვეულია ზღვის დონის აწევით სანაპირო ზოლის დატბორვის სიხშირის ზრდის შედეგად).

ადაპტაციის უნარის (Adaptive capacity) ქვეშ იგულისხმება სისტემის შესაძლებლობა შეეგუოს კლიმატის ცვლილებას (მათ შორის კლიმატის ცვალებადობას და ექსტრემალურ მოვლენებს) იმისთვის, რათა შეამსუბუქოს პოტენციური ზიანი, გამოიყენოს არსებულ შესაძლებლობათა უპირატესობა, ან გაუმკლავდეს მათ შედეგებს.

ზემოთ მოყვანილი განმარტებების თანახმად, ხსენებული ერთობლივი ფუნქცია ბუნებრივი სისტემისთვის უმარტივესი სახით შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც სხვაობა მგრძობიარობასა და თვითადაპტაციის უნარს შორის

$$V_0 = S - A_0, \tag{3.1.1}$$

სადაც V_0 არის კლიმატის ცვლილების მიმართ სისტემის საწყისი (ბუნებრივი) მოწყვლადობა, განპირობებული მისი ბუნებრივი მგრძობიარობით S და მისი ბუნებრივი საადაპტაციო უნარით A_0 , რომელიც გააჩნია დღემდე შემორჩენილ ყველა ბუნებრივ სისტემას. თუ ადამიანის მიზანმიმართული საქმიანობის შედეგად შესაძლებელი ხდება ბუნებრივი სისტემის საწყისი ადაპტაციის უნარის გაძლიერება, მაშინ ამ სისტემის საბოლოო მოწყვლადობა შეიძლება გამოიხატოს როგორც

$$V = V_0 - A_1, \tag{3.1.2}$$

სადაც A_1 ანთროპოგენული ხელშეწყობით განპირობებული ადაპტაციის უნარის ნაზრდია. მოყვანილი ორი გამოსახულების კომბინაციით ვღებულობთ:

$$V = S - A_0 - A_1 = S - (A_0 + A_1), \tag{3.1.3}$$

რაც ასახავს კლიმატის ცვლილების მიმართ ბუნებრივი სისტემის მოწყვლადობის შემცირების შესაძლებლობას მისი ადაპტაციის უნარის ხელოვნურად გაზრდის შედეგად. თუმცა აქვე აღსანიშნავია, რომ ანთროპოგენული საქმიანობა სშირად მიმართულია სისტემის ბუნებრივი მოწყვლადობის გაზრდის მიმართულებით (ტყეების გაჩეხვა, წყლის რესურსების

არასწორი მენეჯმენტი, საძოვრების უსისტემო გადახენა და სხვ.), რაც აუცილებელს ხდის განტოლებაში (3.1.3) უარყოფითი ნიშნით შემოყვანილ იქნეს წევრი A_2 , რომელიც A_1 წევრის საპირისპიროდ მოქმედებს და, ამრიგად, ზრდის სისტემის საბოლოო მოწყვლადობას:

$$V = S - (A_0 + A_1 - A_2). \quad (3.1.4)$$

მაგალითის სახით შეიძლება განვიხილოთ კლიმატის ცვლილების მიმართ ტყეების მოწყვლადობის საკითხი. ამჟამად მიმდინარე კლიმატის ცვლილების პირობებში, რომელმაც ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში საქართველოს ტერიტორიაზე გამოიწვია ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მომატება $0.2-0.6$ °C-ით [2], ბუნებრივი ადაპტაციის უნარის წყალობით ჩვენში ტყეები ჯერ-ჯერობით ინარჩუნებენ საუკუნეების მანძილზე ჩამოყალიბებულ ვერტიკალურ ზონალობას (თუ არ ჩავთვლით ძლიერი ანთროპოგენული ზემოქმედების გავლენას). ტემპერატურის ცვლილების აღნიშნული დიაპაზონი ბუნებრივი ვარიაციის ფარგლებში იმყოფება, რაც განაპირობებს ზემოთ მოყვანილ განტოლებაში A_0 სიდიდის უცვლელ მნიშვნელობას. მიმდინარე საუკუნის ბოლოსთვის ტემპერატურის $3-4$ °C-ით პროგნოზირებული მატების პირობებში [2] საქართველოს ტყეებში A_0 სიდიდის შემცირების შედეგად მოსალოდნელია საგრძნობი ჯიშობრივი ტრანსფორმაცია, რაც გამოიწვევს მათი მოწყვლადობის ზრდას – ტემპერატურის ზრდისა და ნალექთა შემცირების გამო დაიწყება ნაკლებად რეზისტენტული ჯიშების დაკნინება და გადაშენება, მათი ჩანაცვლება სხვა, ახალ პირობებთან უფრო შეგუებული ჯიშებით [3]. ამ შემთხვევაში ტყეების მოწყვლადობის შესამცირებლად და მათი ადაპტაციის უნარის გასაზრდელად, ანუ განტოლებებში A_1 წევრის ”ასამოქმედებლად”, საჭირო იქნება ტყეების მენეჯმენტის დარგში გარკვეული ზომების მიღება – ტყეების სანიტარული მდგომარეობის გაუმჯობესება (გაწმენდა ზეხმელი და ლპობადი ხეებისგან), შესაფერისი ჯიშის ახალი ხეების დარგვა და მათი მოვლა, ე.წ. “დერეფნების” მოწყობა არსებული ჯიშების დათბობის კვალობაზე ვერტიკალური გავრცელების უზრუნველსაყოფად და სხვა, მეტად ძვირად ღირებული ღონისძიებების ჩატარება [4]. იმის გათვალისწინებით, რომ გარემო პირობების შეცვლისას ტყეების, როგორც რთული ბიოლოგიური სისტემის რეაგირების დრო შეიძლება იცვლებოდეს თვეებიდან საუკუნეებამდე [4], ამ ღონისძიებათა ჩატარების დრო, შესაბამისად, უნდა იცვლებოდეს ფართო დიაპაზონში. კერძოდ, საქართველოს პირობებში ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე, თანამედროვე შეფასებების თანახმად [2], შეადგენს დაახლოებით $+0.4$ °C/10 წ, და - 8 მმ/10წ, რასაც შეესაბამება კონკრეტული იზოთერმის საშუალო წლიური მნიშვნელობის აწევა 100 მ-ით ყოველ 15 წელიწადში. ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილების ასეთი დიდი სიჩქარე მაღალ მოთხოვნებს უყენებს ტყეებში საადაპტაციო ღონისძიებების ჩატარების ოპერატიულობას. უსისტემო ჭრა და ტყეების მოუვლელობა იწვევს (3.1.4) განტოლებაში A_2 წევრის “ამოქმედებას”, რაც ზრდის მათ მოწყვლადობის ხარისხს.

კიდევ ერთ მაგალითად შეიძლება დასახელდეს საძოვრები, რომლებიც ფაქტობრივად ბუნებრივ ეკოსისტემას წარმოადგენს და მათ, ისევე როგორც ტყეებს, ადამიანი თავის მიზნებისთვის იყენებს. აღმოსავლეთ საქართველოს მთელ რიგ რაიონებში (დედოფლის-წყაროს რაიონი, ქვემო ქართლი) კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილება გამოიწვევს ლანდშაფტების არიდოზაციას, საძოვრებზე ამჟამად არსებული სტეპის მცენარეულობის დეგრადაციას და მის

ხარჯზე ნაკლებად პროდუქტიული ნახევრადუდაბნობების მცენარეულობის გაბატონებას [3]. კლიმატის ცვლილების მიმართ ამ რაიონებში საძოვრების მოწყვლადობის შესამცირებლად ქმედით ღონისძიებებს წარმოადგენს საძოვრების რწყვის ორგანიზება და ქარსაფარი ზოლების გაშენება, რომლებიც ხელს უშლის ნიადაგის გამოშრობას და მიწის ქარისმიერ ეროზიას. ტყეების ანალოგიურად, საძოვრების მასიური გადახვნა ქარსაცავი ზოლებისა და სარწყავი სისტემების მოწყობის გარეშე გამოიწვევს ამ ტერიტორიების კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის მკვეთრ ზრდას.

რაც შეეხება ანთროპოგენულ სისტემებს, რომელთა ერთ-ერთ მაგალითად შეიძლება ეკონომიკის ცალკეული დარგები განვიხილოთ, მათი მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილების მიმართ, უპირველეს ყოვლისა, განპირობებულია იმ ბუნებრივი სისტემის მოწყვლადობით, რომლის ბაზაზედაც ფუნქციონირებს ესა თუ ის დარგი (სოფლის მეურნეობის ქვედარგები, მეტყვეობა, ჰიდროენერგეტიკა, მეთევზეობა და სხვ.). თუმცა, ამავე დროს, ეკონომიკის ზოგიერთი დარგი არ არის უშუალოდ დაკავშირებული რომელიმე ბუნებრივ ეკოსისტემასთან და, ქვეყნის ეკონომიკის სხვადასხვა დარგებთან კავშირში, დამოკიდებულია მხოლოდ ცალკეულ მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე (ტრანსპორტი, კომუნალური მეურნეობა, მშენებლობა, ჯანდაცვა, ნარჩენების მართვა). არსებობს ისეთი დარგებიც, მაგ. სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა და ტურიზმი, რომელთა მოწყვლადობა უშუალოდაა დაკავშირებული როგორც ბუნებრივი სისტემების მოწყვლადობასთან, ასევე ცალკეულ მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან და აგრეთვე ეკონომიკის განვითარების საერთო დონესთან. ასე რომ, ანთროპოგენული სისტემების შემთხვევაში კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის მდგენელის რაოდენობრივი სახით გამოყოფა მეტად რთულ ამოცანას წარმოადგენს, რომლის გადაჭრა ყოველი ცალკეული შემთხვევისთვის დეტალურ შესწავლას მოითხოვს [5].

ნაშრომში [6] მოყვანილია ჩვენს მიერ შემუშავებული სხვადასხვა ინდიკატორების ჩამონათვალი, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას კლიმატის ცვლილების მიმართ ბუნებრივი და ანთროპოგენული სისტემების მოწყვლადობის შესაფასებლად.

3.2. საქართველოში კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყვლადი საცდელი რეგიონების შერჩევა

საქართველოს მრავალფეროვანი ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებები განაპირობებს მის ტერიტორიაზე მკვეთრად განსხვავებული კლიმატური და ლანდშაფტური ზონების არსებობას.

გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციის მიმართ საქართველოს პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში [3] ზოგადად შეფასებულ იქნა საქართველოს ძირითადი ბუნებრივი ეკოსისტემების (ზღვისპირა ზოლის, ტყეების, სათიბ-საძოვრების), სოფლის მეურნეობის, წყლის რესურსების და შავი ზღვის სანაპირო ზონის მოწყვლადობა კლიმატის მოსალოდნელ ცვლილებასთან კავშირში და განხილულ იქნა შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებების მთავარი მიმართულებები. მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში [2], ქვეყნის მთელი ტერიტორიის ზოგადი განხილვის ნაცვლად, წინასწარი გამოკვლევის საფუძველზე გამოყოფილ იქნა სამი, კლიმატის ცვლილების მიმართ ყველაზე მოწყვლადი, ე.წ. “პრიორიტეტული” რეგიონი - შავი ზღვის სანაპირო ზონა, ქვემო სვანეთი და დედოფლისწყაროს რაიონი, რომლებისთვისაც დეტალურად გამოკვლეულ იქნა ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატური ელემენტების ცვლილების ტრენდები, მოდელური გათვლების საფუძველზე

შეფასებულ იქნა 2100 წლამდე ამ ელემენტების მოსალოდნელი ცვლილება, გამოყოფილ იქნა კლიმატის ცვლილების მიმართ ყველაზე მოწყვლადი სისტემები და შემუშავდა შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებები.

იმის გათვალისწინებით, რომ ფოთის პორტი წარმოადგენს სატვირთო გადაზიდვების უდიდეს კვანძს საქართველოში, ხოლო ადღია-ბათუმი-ქობულეთის სექტორი, ისევე როგორც სოხუმის სანაპირო, ქვეყნის მასშტაბით ერთ-ერთი უმთავრესი რეკრეაციული რაიონია, შავი ზღვის სანაპირო ზონა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს საქართველოს ეკონომიკის ფუნქციონირებაში. ამავე დროს ამ რეგიონზე ერთდროულად მოქმედებს მრავალი გეოფიზიკური პროცესი: გლობალური დათბობის შედეგად ზღვის დონის პერმამენტული აწევა, რომლის სიჩქარემ საქართველოს სექტორში ბოლო ათწლეულების განმავლობაში შეადგინა 2.5 მმ/წელი; შტორმული მოვლენების გაძლიერება, რომლებიც იწვევენ სანაპირო ზოლის ინტენსიურ ეროზიას და მდ. რიონის შეტბორვის მასშტაბების ზრდას; კოლხეთის დაბლობის პერმანენტული ტექტონიკური დაწევა, რომლის სიჩქარე მდ. რიონის დელტის ზონაში შეადგენს -5მმ/წელი; კავკასიონის მყინვარების დეგრადაციის შედეგად მყინვარული კვების მქონე მდინარეთა ჩამონადენისა და მათ მიერ მყარი ნატანის ტრანსპორტირების ზრდა; ზღვის სანაპირო ზოლში ზღვის დინების ზემოქმედება წყალქვეშა კანიონებზე, რაც იწვევს ნაპირების, და განსაკუთრებით პლაჟების, ეროზიის გაძლიერებას. ამ პროცესების დიდი ნაწილი (ზღვის დონის აწევა, შტორმული მოვლენებისა და წყალდიდობების გაძლიერება, სანაპირო ზოლის ეროზია) კლიმატური ელემენტების ცვლილების ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება [7].

ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების ზეგავლენით 1924-1990 წლებში ზღვის ზედაპირული ფენის ტემპერატურა 0.3 °C-ით დაეცა, მაგრამ შემდგომ 17 წელიწადში დათბობის შედეგად მან იგივე სიდიდით მოიმატა. ზღვის ზედა 60-80 მ სისქის ფენაში ტემპერატურული რეჟიმის ასეთი ცვალებადობა იწვევს თევზის ჯიშების საარსებო ჰორიზონტის შეცვლას, რაც არსებით ზემოქმედებას ახდენს მეთევზეობის პროდუქტიულობაზე.

ქვემო სვანეთის მეორე პრიორიტეტულ ზონად შერჩევა განაპირობა იმ გარემოებამ, რომ თავისი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებით ლენტეხის რაიონი მეტნაკლებად დამახასიათებელია დასავლეთ საქართველოს შუა და მაღალი მთის რაიონებისთვის, მასში შემორჩენილია ეკონომიკურად აქტიური მოსახლეობის ნაწილი, ფუნქციონირებს ეკონომიკის ცალკეული დარგები (სოფლის მეურნეობა, მეტყვეობა) და მას გააჩნია დიდი რეკრეაციული და ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი. ამასთან ერთად, რაიონის ეკონომიკაზე ძლიერ უარყოფით ზემოქმედებას ახდენს კლიმატური ელემენტებით (ძირითადად უხვი ნალექებით) გამოწვეული კატასტროფული მოვლენები (მეწყერი და წყალდიდობა), რომელთა სიხშირე და ინტენსივობა ბოლო 20 წლის განმავლობაში საგრძნობლად გაიზარდა. ამ თვალსაზრისით რეგიონის სისტემებში მიმდინარე პროცესები (მეწყერებისა და ღვარცოფების რაოდენობის ზრდა, წყალმოვარდნების სიხშირისა და ინტენსივობის მატება, რაიონიდან ეკომიგრანტთა რიცხვის ზრდა) შეიძლება განვიხილოთ როგორც გლობალური დათბობით გამოწვეული ზემოქმედების ინდიკატორები და ვიზრუნოთ შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებების შემუშავებაზე კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული მოწყვლადობის შესამცირებლად.

რაც შეეხება დედოფლისწყაროს რაიონს, იგი ოდითგანვე ცნობილი იყო როგორც “საქართველოს ბელელი”. ამ რაიონში წარმოებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქცია (მეცხოველეობისა და მიწათმოქმედების პროდუქტები) კახეთის მთელ რეგიონში წარმოებული პროდუქციის მნიშვნელოვან ნაწილს (10-30%) შეადგენს. რაიონის ტერიტორიის დიდი ნაწილი უჭირავს ზამთრის

სადოვრებსა და დაცულ ტერიტორიებს. ამავე დროს ეს რაიონი, ქვემო ქართლის რაიონთან ერთად, ხასიათდება გვალებების ყველაზე მაღალი (20-40%) [8] განმეორადობით, რაც ძლიერ ქარებთან ერთად იწვევს დედოფლისწყაროს რაიონის ძლიერ მოწყვლადობას კლიმატური ელემენტების მიმართ. ამ მოწყვლადობას ამძაფრებს ისიც, რომ ბოლო 20 წლის მანძილზე რაიონის ტერიტორიაზე მოიშალა სარწყავი სისტემები და თითქმის მთლიანად განადგურდა ქარსაცავი ზოლები, რამაც 0-მდე დაიყვანა მე-3 განტოლებაში A1 წვერის მნიშვნელობა A2 წვერის ზრდის ხარჯზე და რაიონის ეკონომიკა ფაქტობრივად პირისპირ აღმოჩნდა გლობალური დათბობის შედეგად გამძაფრებულ კლიმატურ რისკებთან.

3.3.3. კლიმატური ელემენტების ცვლილება საცდელ რეგიონებში

თითოეულ რეგიონში შერჩეული სისტემების მოწყვლადობის შესაფასებლად პრინციპული მნიშვნელობა გააჩნია კლიმატის ცვლილების უკვე გამოვლენილი ტრენდების დადგენას და მათი სამომავლო შესაძლო ცვლილების შეფასებას. მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში კლიმატური ელემენტების ტრენდების შესაფასებლად შერჩეულ იქნა ბოლო ნახევარსაუკუნოვანი პერიოდი (1955-2005), რომელშიაც შესადარებლად გამოყოფილი იყო ორი 16-წლიანი ე.წ. “სტანდარტული” ქვეპერიოდი. პირველი მათგანი (1955-1970) ახასიათებს გლობალური დათბობის აშკარა გამოვლენის დაწყებამდე არსებულ პირობებს, ხოლო მეორე (1990-2005) შერჩეულ იქნა იმის გათვალისწინებით, რომ კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისო საბჭოს რეკომენდაციის თანახმად 1990 წელი მიჩნეულია გლობალური დათბობის მიმდინარე ფაზის გამოვლინების საწყის (საბაზისო) წლად.

მოცემული ნაშრომის წინა თავში მოყვანილი მონაცემების გათვალისწინებით უნდა აღინიშნოს, რომ ეროვნულ შეტყობინებაში პირველ “სტანდარტულ” პერიოდად 1955-1970 წლების შერჩევა გარკვეულწილად ამცირებს 1990-იანი წლების შემდეგ საქართველოს ტერიტორიაზე დათბობის ეფექტის შეფასებას. ამის მიზეზს წარმოადგენს პირველ პერიოდში ორი რეკორდულად თბილი წლის არსებობა, რომლებიც აღინიშნა თბილისში საშუალო წლიური ტემპერატურით 14.6°C (1962) და 15.1°C (1966). ეს მაქსიმუმები მეტნაკლები სიმძაფრით აღინიშნა საქართველოს სხვა რეგიონებშიც. მიუხედავად ამისა, ამ პერიოდის შერჩევა განაპირობა იმან, რომ 1955 წლისთვის სრული დატვირთვით ამოქმედდა მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ დაწყებული ჰიდრომეტქსელის გაფართოების პროგრამა, რის შედეგადაც რეგიონებში გაიხსნა ახალი მეტეოსადგურები (ღენტეხი, დედოფლისწყარო და სხვ.). მათი მონაცემები აუცილებელი გახდა “პრიორიტეტულ” რეგიონებში კლიმატის ცვლილების დასახასიათებლად.

შერჩეულ პრიორიტეტულ რეგიონებში მახასიათებელ მეტეოროლოგიურ სადგურებზე ჩატარებული დაკვირვებების შედეგები გასაშუალოვდა აღნიშნულ ორ პერიოდში, რის შედეგებიც მოყვანილია ცხრილში 3.3.1.

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ გავლილი ნახევარი საუკუნის მანძილზე 50-წლიანი პერიოდის კიდურ 16-წლიან მონაკვეთებს შორის ჰაერის საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ ყველაზე ნაკლებად მოიმატა შავი ზღვის სანაპირო ზონაში (0.2°C), ხოლო ყველაზე მეტად – ისტორიულ ქიზიყში (0.6 °C). გავლილ პერიოდში გაიზარდა ნალექთა რაოდენობაც, მხოლოდ ამ ელემენტისთვის ფარდობითმა ნაზრდმა მაქსიმუმს, პირიქით, სანაპირო ზონაში მიაღწია.

აქვე საინტერესოა იმის აღნიშვნა, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე გასულ ნახევარ საუკუნეში ჰაერის ტემპერატურის ცვლილება არაერთგვაროვანი იყო დროშიც და სივრცეშიც. კერძოდ, 1970-1990 წწ. პერიოდში ზოგიერთ რეგიონში აღინიშნებოდა აგრილება, რომელიც წინა ოცწლეულთან შედარებით შეადგენდა 0.2-0.6°C (ცხრ. 3.3.2.).

ცხრილი 3.3.1. კლიმატური ელემენტების ცვლილება შერჩეულ რეგიონებში. [2] 1955-2005

რეგიონის დასახელება (მეტეოსადგური)	ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის საშუალოები პერიოდების მიხედვით (°C)*			ნალექთა წლიური ჯამების საშუალოები პერიოდების მიხედვით (მმ)			სხვაობა (%)
	I	II	II-I	I	II	II-I	
შავი ზღვის სანაპირო ზონა (ფოთი)	14.4	14.6	0.2	1887	2078	241	13
ქვემო სვანეთი (დენტეხი)	9.6	10.0	0.4	1256	1360	104	8
დედოფლისწყაროს რაიონი (დედოფლისწყარო)	10.6	11.2	0.6	586	622	36	6

ცხრილი 3.3.2. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილება საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებში. 1951-1990

რეგიონი (მეტეოსადგური)	პერიოდი	ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა პერიოდში (°C)	სხვაობა (II)-(I), °C
შავი ზღვის სანაპირო ზონა (ქობულეთი)	1951-1970 (I)	13.6	0.1
	1971-1990 (II)	13.7	
ქვემო სვანეთი (დენტეხი)	1951-1970 (I)	9.6	-0.2
	1971-1990 (II)	9.4	
რაჭა-ლეჩხუმი (ონი)	1951-1970 (I)	10.2	-0.6
	1971-1990 (II)	9.6	
მთიანი აჭარა (ხულო)	1951-1970 (I)	10.6	-0.5
	1971-1990 (II)	10.1	
ჯავახეთი (ახალქალაქი)	1951-1970 (I)	5.3	-0.3
	1971-1990 (II)	5.0	
ქვემო ქართლი (გარდაბანი)	1951-1970 (I)	13.5	-0.2
	1971-1990 (II)	13.3	
ქიზიყი (დედოფლისწყარო)	1951-1970 (I)	10.6	0.0
	1971-1990 (II)	10.6	
ჰერეთი (ლაგოდეხი)	1951-1970 (I)	13.2	-0.2
	1971-1990 (II)	13.0	

პერიოდების აღნიშვნები: I-(1955-1970); II-(1990-2005)

ასე რომ, ამ პერიოდთან შედარების შემთხვევაში ცხრილში 3.3.1 მოყვანილი მონაცემები შავი ზღვის სანაპირო ზონისთვის და ქვემო სვანეთისთვის გარკვეულწილად შეიცვლებოდა. საგულისხმოა ისიც, რომ ამ ცხრილის თანახმად, 70-იანი წლების აგრილება არ შეხებია შავი ზღვის სანაპირო ზონასა და დედოფლისწყაროს რაიონს.

რაც შეეხება კლიმატური ელემენტების სამომავლო ცვლილების შეფასებებს, ჩვენში 1990-იანი წლების ბოლომდე ეს საკითხი ძირითადად განიხილებოდა გასულ წლებში მიღებული მონაცემების ექსტრაპოლაციით, ტემპერატურისა და ნალექთა უკვე დაფიქსირებული ცვლილების სინქარის გათვალისწინებით. კერძოდ, ამ მიდგომით მ.ელიზბარაშვილის მიერ [9] მიღებულ იქნა, რომ 2100 წლისთვის საქართველოს სემიჰუმიდურ და სემიარიდულ ლანდშაფტებში ჰაერის ტემპერატურა 1-2 °C-ით გაიზრდება. ნაშრომში [10] ჰაერის ტემპერატურის საუკუნებრივი სვლის შესასწავლად შემოთავაზებულ იქნა ციკლური პროცესების გათვალისწინება.

ბოლო საუკუნეში ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციის მკვეთრი ზრდის შედეგად რადიაციული ნაკადების გადანაწილების რთული მექანიზმის გათვალისწინებით კლიმატური ელემენტების ცვლილების პროგნოზირება ამჟამად მხოლოდ კლიმატის გლობალური და რეგიონული მოდელების გამოყენებით წარმოებს. ამ მოდელების რაოდენობა ათეულებს აღწევს და გამოთვლებისას ისინი ეყრდნობა მსოფლიოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ცალკეულ სცენარს, რომელიც განსაზღვრავს დროის საკვლევ მონაკვეთში ატმოსფეროში სათბურის გაზების ემისიის შესაბამის რაოდენობას [11].

საქართველოს პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში მოწყვლადობის შეფასებები ჩატარდა გაერთიანებული სამეფოს ჰადლეის ცენტრში 1995 წლისთვის მიღებული გლობალური კლიმატის 2050 წლამდე პროგნოზის საფუძველზე [12]. ამ მონაცემების თანახმად, ხმელთაშუა ზღვის აუზი, კავკასიის რეგიონი, ახლო აღმოსავლეთი და არაბეთის ნახევარკუნძული გაერთიანდნენ ერთ რეგიონად, რომლისთვისაც 2050 წლამდე ტემპერატურის პროგნოზირებულმა მატებამ შეადგინა 1.0-1.5°C. ტემპერატურის ნაზრდის ეს საორიენტაციო მნიშვნელობა გამოყენებულ იქნა სოფლის მეურნეობის, წყლის რესურსების და ბუნებრივი ეკოსისტემების მოწყვლადობის შესაფასებლად.

მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში 2100 წლამდე კლიმატური ელემენტების პროგნოზირება ჩატარდა ბოლო წლებში მსოფლიო მეტეოროლოგიურ ცენტრებში დამუშავებული კლიმატის რეგიონალური მოდელების PRECIS და MAGICC/SCENGEN გამოყენებით. გამოთვლები შესრულდა გლობალური სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სხვადასხვა სცენარებისთვის, რომელთაგან დეტალურად განხილულ იქნა ყველაზე პესიმისტური A2 სცენარისათვის მიღებული შედეგები [2]. ზემოთ ნახსენები პირველი კლიმატური მოდელის გარჩევისუნარიანობა შეადგენდა 25კმX25კმ, ამიტომ მისი გამოყენებით შესაძლებელი გახდა ტემპერატურისა და ნალექთა წლიური მნიშვნელობების პროგნოზირება შეტყობინებაში შესული ცალკეული რეგიონებისთვის [13]. რაც შეეხება MAGICC/SCENGEN საპროგრამო პაკეტს, გამოთვლები ჩატარდა მასში შემავალი 17 გლობალური მოდელის გამოყენებით. მათგან შერჩეულ იქნა 7 მოდელი, რომელმაც უზრუნველყო რალურ დაკვირვებებთან ყველაზე მიახლოებული შედეგების მიღება. ამ შედეგების, აგრეთვე PRECIS-ში შემავალი 2 გლობალური მოდელის გასაშუალოებით მიღებული მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 3.3.3. იმის გამო, რომ აღნიშნულ საპროგრამო პაკეტში შემავალი მოდელების გარჩევისუნარიანობა შეადგენს 600კმX600კმ, შედეგების

მიღება შესაძლებელი გახდა საქართველოს მხოლოდ ორი კლიმატური რეგიონისთვის. შრომაში [13] მიღებული კონკრეტული შედეგები თავსებადი აღმოჩნდა ცხრილში 3.3.3. მოყვანილ უფრო ზოგად შედეგებთან.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ როგორც დასავლეთ, ასევე აღმოსავლეთ საქართველოში საშუალო წლიური ტემპერატურის 3-5 გრადუსით მატებას თან ახლავს ნალექების დაახლოებით 9-13%-იანი კლება. პროცესი განსაკუთრებით მწვავე ხასიათს ზაფხულის სეზონში დებულობს, როდესაც ტემპერატურის ნაზრდიცა და ნალექების კლების ტენდენციაც გაცილებით მეტია, ვიდრე სხვა სეზონებში.

ჩატარებულ მოდელურ გამოთვლებში მიღებული შედეგები მეტად შთამბეჭდავი აღმოჩნდა. დასავლეთ საქართველოში საშუალო წლიური ტემპერატურის 3-5°-ით მომატება ამ რეგიონის დაბლობ რაიონების კლიმატს გადაიყვანს ხმელთაშუა ზღვის აუზისთვის მახასიათებელ სუპტროპიკულ კლიმატში საშუალო წლიური ტემპერატურით 18-19 °C, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკეების კლიმატს – წინა აზიისთვის დამახასიათებელ არიდულ სუპტროპიკების კლიმატში საშუალო წლიური ტემპერატურით 15-17°C.

ცხრილი 3.3.3. 2100 წლისთვის PRECIS და MAGICC/SCENGEN კლიმატური მოდელების გამოყენებით პროგნოზირებული ტემპერატურისა და ნალექების სცენარები [2]

დასავლეთ საქართველო

სეზონი	გაზაფხული		ზაფხული		შემოდგომა		ზამთარი		წლიური	
	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)
კლიმატური ელემენტი										
საბაზისო პერიოდი	7.9	281	18.5	348	9.7	391	-2.3	377	9.1	1197
სხვაობა (%)	4.8	-40	5.6	-88	3.4	-53	3.6	104	3.5	-70 (-6)
2100 წ	12.5	241	24.1	280	13.1	338	1.3	481	12.6	1127

აღმოსავლეთ საქართველო

სეზონი	გაზაფხული		ზაფხული		შემოდგომა		ზამთარი		წლიური	
	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)
კლიმატური ელემენტი										
საბაზისო პერიოდი	9.3	158	20.5	170	11.6	126	1.0	85	11.3	570
სხვაობა (%)	4.6	-65	5.9	-72	4.1	-45	4.5	-29	4.1	-83 (-14)
2100 წ	13.9	93	26.4	98	15.7	81	5.5	56	15.4	487

აქვე აღსანიშნავია, რომ, როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, მოყვანილი შედეგები მიღებულია გლობალური სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ყველაზე პესიმისტური A2 სცენარისთვის, რომელიც გულისხმობს მსოფლიოს დივერგენციულ განვითარებას მოსახლეობის უდიდესი მატებითა და ატმოსფეროზე მაქსიმალური დატვირთვით [11]. გაცილებით უფრო ოპტიმისტური

შედგები მიიღება B1 სცენარისთვის, რომელიც აღწერს მსოფლიოს კონვერგენციული განვითარების გზას მოსახლეობის მცირე მატებითა და ეკონომიკური, სოციალური და გარემოსდაცვითი მდგრადობის საკითხების გლობალური გადაწყვეტის შედეგად ატმოსფეროზე მინიმალური დატვირთვით. IPCC მეოთხე ანგარიშში [14] მოყვანილი მონაცემების თანახმად, ამ სცენარით გათვლილი 2100 წლისთვის ტემპერატურის მოსალოდნელი ნაზრდები მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონებში თითქმის 2-ჯერ ნაკლებია A2 სცენარის შესაბამის მნიშვნელობებზე (ცხრ. 3.3.4.).

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში საქართველოს ტერიტორიისთვის PRECIS და MAGICC/SCENGEN მოდელებით მიღებული შედეგები ემთხვევა AOGCM ჯგუფის მოდელებით კავკასიის რეგიონისთვის A2 სცენარით მიღებულ შედეგებს. ეს საფუძველს იძლევა ვივარაუდოთ, რომ მსოფლიოს კონვერგენციული განვითარების შემთხვევაში საქართველოში საუკუნის დასასრულისთვის ტემპერატურის ნაზრდმა შეიძლება შეადგინოს მხოლოდ 2-2.5°C.

საგულისხმოა აღინიშნოს, რომ კლიმატის ცვლილების პროგნოზირების დარგში მიმდინარე კვლევების ინტენსივობის გათვალისწინებით, ახალი მოდელების შექმნის კვალობაზე შესაძლებელია მოხდეს ზემოთ მოყვანილი შედეგების დაზუსტება, რაც მეტ გარკვეულობას შეიტანს 2100 წლამდე საადაპტაციო ღონისძიებათა დაგეგმვის საქმეში.

ცხრილი 3.3.4. ჰაერის ტემპერატურის 2100 წლისთვის ცვლილების პროგნოზი AOGCM ჯგუფის სხვადასხვა მოდელების გასაშუალოებით [14]

რეგიონის დასახელება	სცენარი	ტემპერატურის ნაზრდი 1980-1999 წწ. პერიოდთან შედარებით (°C)
ევროპა, კავკასია	A2	3.5-4
	B1	2-2.5
ჩრდილო ამერიკა	A2	3.5-4.5
	B1	2.5-3
არქტიკა	A2	7-7.5
	B1	3.5-4.5
ჩრდილო ატლანტიკა	A2	0.5-1
	B1	0-0.5
ტიბეტი	A2	4.5-5.5
	B1	1.5-2
ანტარქტიკა	A2	3.5-4
	B1	1.5-2

3.4. საცდელი რეგიონების მოწყვლადობის შეფასება და საადაპტაციო ღონისძიებები

3.4.1. შავი ზღვის სანაპირო ზონა

როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, მოწყვლადობის შესაფასებლად შერჩეული სამი რეგიონიდან კლიმატის ცვლილების მიმართ ყველაზე მგრძობიარე აღმოჩნდა შავი ზღვის სანაპირო ზონა. მოწყვლადობის ინდიკატორებად შერჩეულ იქნა შემდეგი სიდიდეები:

- ევსტაზია-ხმელეთის მიმართ ზღვის დონის აწევა;
- შტორმული მოდენების სიხშირისა და სიმძლავრის მატება;
- სელიმენტაცია - მყინვარული საზრდოობის მდინარეთა დელტებში მყარი ნატანის დაგროვება;
- ზღვის ზედაპირული ტემპერატურის ცვლილება.
- თვით სანაპირო ზონა, მკვეთრად განსხვავებული ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებების გათვალისწინებით, დაყოფილ იქნა 4 სეგმენტად:
- მდ.რიონის დელტა;
- მდ. ჭოროხის დელტა;
- მდ. რიონის ქვემო დინება (ფოთი-სამტრედიის მონაკვეთი);
- ქ. სოხუმის სანაპირო.

გასულ საუკუნეში ჩატარებული ინსტრუმენტული დაკვირვებების მონაცემთა გამოყენებით, აგრეთვე ბუნებრივ და სოციალურ-ეკონომიკურ სისტემებზე ზემოქმედების გათვალისწინებით დადგენილ იქნა, რომ მოწვევადობის 5-ბალიანი სისტემით შეფასებისას ამ რეგიონებიდან კლიმატის ცვლილების მიმართ ყველაზე მოწვევად უბანს წარმოადგენს მდ. რიონის დელტა (ჯამური მაჩვენებელი 33 ქულა). თითქმის ასეთივე მოწვევადობით ხასიათდება მდ. ჭოროხის დელტა (ბათუმი-ადლიას მონაკვეთი, 31 ქულა). ნაკლებად მოწვევადი აღმოჩნდა მდ.რიონის ქვემო დინება ქ. სამტრედიამდე (24 ქულა) [7].

აღნიშნულ რეგიონში კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწვევადობის შესამცირებლად მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში შემუშავდა 3 საადაპტაციო საპროექტო წინადადება, რომელთაგან ერთი ითვალისწინებს კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული რისკების მენეჯმენტის სისტემის მოწყობას მდ. რიონის დელტაში (ღირებულება 1.1 მლნ აშშ დოლარი), მეორე - საადაპტაციო ღონისძიებათა (ნაპირების ხელოვნური კეება პლაჟმექმნელი მასალით, ნაპირდაცვითი კონსტრუქციების აგება) განხორციელებას ქ. ფოთის სანაპირო ზოლში (ღირებულება 100-130 მლნ აშშ დოლარი), ხოლო მესამე - ნაპირდაცვითი ღონისძიებების გატარებას ბათუმი-ადლიას სანაპირო ზონაში (ღირებულება 65-88 მლნ აშშ დოლარი). ამ და სხვა რეგიონებისთვის მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში მომზადებული საპროექტო წინადადებების ჩამონათვალი მოყვანილია დანართში IV.

3.4.2. ქვემო სვანეთი

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გავლილი ნახევარი საუკუნის განმავლობაში კლიმატის გლობალურმა ცვლილებამ ქვემო სვანეთის რეგიონში გამოიწვია ტემპერატურისა და ნალექთა წლიური ჯამების გარკვეული მომატება. ჩვენს მიერ ჩატარებულმა ნალექთა რეჟიმის ანალიზმა აჩვენა, რომ ბოლო 20 წლის მანძილზე წინა პერიოდთან შედარებით უხვი ნალექების (≥ 30 მმ/დღე) რაოდენობა ღენტეხში გაზარდა 12%-ით, რამაც გამოიწვია მდ. ცხენისწყალზე (საგ. რცხმელური) წყალმოვარდნების განმეორადობის მატება 2-ჯერ და მეტად, ხოლო წყლის მაქიმალური ხარჯების გადიდება 9%-ით. ამავე დროს წყალმოვარდნების ხანგრძლივობამ იკლო 25%-ით, რითაც შეიძლება აისხნას ღენტეხის რაიონში წყალმოვარდნების ინტენსივობის ზრდა.

უხვი ნალექების ზრდის კვალობაზე 1980 წლიდან მოყოლებული, მეწყერების რაოდენობა გაიზარდა 43%-ით და დამეწყერილი უბნების რიცხვმა რეგიონში ამჟამად მიაღწია 117-ს.

მიუხედავად იმისა, რომ ქვემო სვანეთის ტერიტორია საკმარისადაა უზრუნველყოფილი ატმოსფერული ნალექებით, აქ დროდადრო მაინც აქვს ადგილი გვალვას, რომლის საშუალო ხანგრძლივობა 1991 წლიდან, წინა პერიოდთან შედარებით გაიზარდა 34-დან 47 დღემდე (38%), რაც ფარდობით ერთეულებში აჭარბებს კიდევ დედოფლისწყაროს რაიონის შესაბამის მაჩვენებელს (30%). თუმცა, ზედაპირული წყლების სიუხვის გამო, ეს გარემოება არ ქმნის დიდ სირთულეებს.

2100 წლამდე კლიმატის პროგნოზირებული ცვლილების პირობებში WEAP წყალბალანსური მოდელის გამოყენებით ჩატარებულმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ მიმდინარე საუკუნის დასასრულისთვის, მყინვარული მდგენელის გაუთვალისწინებლად, მოსალოდნელია მდ. ცხენისწყლის ზემო წელში ჩამონადენის შემცირება 8-9%-ით [2]. მყინვარებს 1950-იან წლებში რაიონის ტერიტორიაზე დაახლოებით 12 კმ² ფართობი ჰქონდა დაკავებული. ბოლოდროინდელი თანამგზავრული მონაცემებით ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა, რომ მათი ფართობი ლენტეხის რაიონში ამჟამად შეცირებული უნდა იყოს 25%-ით, ხოლო საერთო მოცულობა უნდა დაკლებულიყო 1.2-დან 0.8 კმ³-მდე. 2050 წლისთვის ტემპერატურის პროგნოზირებული მატება დიდი ალბათობით გამოიწვევს ქვემო სვანეთის მყინვარების სრულ გაქრობას, რაც შესაბამისად აისახება მდ. ცხენისწყლის რეჟიმზედაც.

ტყის ეკოსისტემები, რომელიც ფარავს რეგიონის ტერიტორიის 60%-ზე მეტ ფართობს, წარმოადგენს ქვემო სვანეთის ერთ-ერთ მთავარ ბუნებრივ სიმდიდრეს. გასული 50 წლის განმავლობაში აქ დაფიქსირებული დათბობისა და ნალექთა მატების ფონზე, ბოლო 15-20 წლის მანძილზე რაიონის ტყეებში დაიკვირვება მაგნიტულ დაავადებათა მზარდი გავრცელება. გარდა ამისა, ამავე პერიოდში მეწყერების გააქტიურების შედეგად აქ განადგურდა ტყის რამდენიმე მასივი საერთო ფართობზე 250 ჰა.

კლიმატურ რისკებთან დაკავშირებული ზემოთ განხილული პროცესები მეტად უარყოფით გავლენას ახდენს რაიონში დემოგრაფიულ სიტუაციაზე. 1980-იანი წლების დასასრულიდან გახშირებულმა წყალმოვარდნებმა, მეწყერებმა და ღვარცოფებმა მნიშვნელოვნად დააზიანა გზები და ეკონომიკური ინფრასტრუქტურის სხვა ელემენტები, დაანგრია შენობები და წაიღო საკარმიდამო ნაკვეთები, შეამცირა სახნავ-სათესი სავარგულების ფართობი 2200-დან 1500 ჰა-მდე. ყოველივე ამის შედეგად რაიონის მო-სახლეობა აღნიშნულ პერიოდში შემცირდა 40%-ით, დარჩენილი მცხოვრებლებიდან კი ახალგაზრდობა მიდის სამუშაოდ სხვა ქვეყნებსა და რეგიონებში, ხოლო ხანდაზმულ მოსახლეობაში აღინიშნება ჯანმრთელობის მდგომარეობის მკვეთრი გაუარესება [2].

მიღებული მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ ქვემო სვანეთში ძირითად კლიმატურ რისკ-ფაქტორს წარმოადგენს უხვი ნალექები, რომლებიც წყალმოვარდნებისა და მეწყერების შედეგად იწვევს მიწის ეროზიას და ამ პროცესთან დაკავშირებით დიდ ზიანს აყენებს რაიონში სოფლის მეურნეობას, მეტყვეობასა და საყოფაცხოვრებო სექტორს. ამის გათვალისწინებით მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში დამუშავდა საადაპტაციო საპროექტო წინადადება, რომელიც ითვალისწინებს რაიონში მეწყერსაშიში უბნების სტაბილიზაციას თხილის ნარგავების გაშენებით. 50 ჰა ფართობზე პროექტის საპილოტო ფაზის განხორციელების ღირებულებამ, წინასწარი შეფასებით, შეადგინა 281.7 ათასი აშშ დოლარი.

აღნიშნულ ღონისძიებასთან ერთად, კლიმატის ცვლილების შედეგებთან გასამკლავებლად, ბუნებრივია, საჭირო იქნება ისეთი ტრადიციული გზების გამოყენება, როგორიცაა მდინარეთა ნაპირსამაგრი სამუშაოების მაღალ დონეზე

ჩატარება, ტყის უსისტემო ჭრების აღკვეთა, მონიტორინგის სისტემის მოწყობა უხვ ნალექებთან და წყალმოვარდნებთან დაკავშირებული საშიშროების შესახებ ადრეული გაფრთხილების გასაცემად.

3.4.3. დედოფლისწყაროს რაიონი

კლიმატის ცვლილების მიმართ დედოფლისწყაროს რაიონის მოწყვლადობის შეფასებისას მოწყვლადობის გამომწვევი ფაქტორები დაყოფილ იქნა ორ ჯგუფად – ბუნებრივ და ანთროპოგენულ ფაქტორებად. პირველ მათგანს მიეკუთვნება გლობალური დათბობით გამოწვეული ტემპერატურის ზრდა, გვალვების სიხშირისა და ხანგრძლივობის მატება, და ამასთან ერთად დატენიანების რეჟიმის გაუარესება, ძლიერი ქარების განმეორადობის ზრდა. ანთროპოგენული ფაქტორებიდან განხილულ იქნა ქარსაცავი ზოლების გაჩეხვა, სარწყავი სისტემების მოშლა, მიწის ფონდის არასწორი გამოყენება (ჭარბი ძოვება, საძოვრებისა და ნაყანები ფართობების გადაწვა, ბიცობი ნიადაგების ქიმიური მედიორაციის შეწყვეტა). ყველა ამ ბუნებრივი თუ ანთროპოგენული ფაქტორების ერთობლივმა მოქმედებამ რაიონის ტერიტორიაზე გამოიწვია მიწის ეროზია და დეგრადაცია, რასაც თან მოყვა ნიადაგის ნაყოფიერების შემცირება და გაუდაბნობის ხელშემწყობი პირობების შექმნა [8].

კერძოდ, დადგენილ იქნა, რომ გავლელი ნახევარი საუკუნის მანძილზე ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის 0.6°C -ით მომატების ფონზე გვალვების რაოდენობა რაიონში გაიზარდა 2-ჯერ, ხოლო გვალვიანი პერიოდის საშუალო ხანგრძლივობამ იმატა 54-დან 70 დღემდე. სელიანინოვის ჰიდროთერმული კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობა დედოფლისწყაროში შემცირდა 15%-ით 1.3-დან 1.1-მდე; ამავე დროს 1980 წლიდან წინა პერიოდთან შედარებით ძლიერი ქარების განმეორადობა გაიზარდა 5-ჯერ.

ქარსაცავი ზოლების საერთო ფართობი, რომელიც 1980-იანი წლებისთვის თითქმის 1700 ჰა-ს შეადგენდა, 2000 წლისთვის პრაქტიკულად ნულამდე დავიდა; ასევე სარწყავი სავარგულები, რომელთა ფართობი 1980-იანი წლებისთვის 14 300 ჰა-ს აღწევდა, 2000 წლისთვის უმნიშვნელო სიდიდემდე შემცირდა. სსრკ დაშლასთან დაკავშირებით დაღესტანში ზამთრის საძოვრების დაკარგვის შემდეგ, რაიონის ზამთრის საძოვრებზე, რომელთა ფართობი 131 400 ჰა-ს შეადგენს, ანთროპოგენული დატვირთვა რამდენჯერმე გაიზარდა, რის გამოც ჭარბი ძოვების პრობლემა ამჟამად დედოფლისწყაროს რაიონის საძოვრების 80%-ზე შეინიშნება. ბიცობ ნიადაგებს, რომელთა ფართობი რაიონის ტერიტორიაზე 5 000 ჰა-ს აღწევს, 1990-იან წლებამდე პერიოდულად უტარდებოდა მოთაბაშირების პროცედურა, რაც ხელს უწყობდა ამ მიწების სასოფლო-სამეურნეო მიზნებისთვის გამოყენებას. აღნიშნული სამუშაოების შეწყვეტის შემდეგ ეს ფართობები ნაწილობრივ დაიფარა ველური მცენარეულობით, ხოლო დანარჩენი განიცდის ქარისმიერ ეროზიას, რომელიც ვრცელდება რაიონის ტერიტორიის 20 ათას ჰა-ზე.

ზემოთ განხილული პროცესები ძალზე უარყოფით ზეგავლენას ახდენს რაიონში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე. კერძოდ, ხორბლის საშუალო მოსავლიანობა, რომელიც ადრეულ პერიოდში 4-5 ტ/ჰა-ს შეადგენდა, ამჟამად იშვიათად აღემატება 2 ტ/ჰა-ს, ხოლო მხესუმშირის მოსავალი, რომელიც ადრე საშუალოდ 1ტ/ჰა-ს შეადგენდა, ბოლო წლებში განახევრდა, ან ძლიერი ქარებისა და გვალვების შედეგად მთლიანად იკარგება.

კლიმატური ელემენტების ცვალებადობის მიმართ რაიონის ეკონომიკის წამყვანი დარგის - სოფლის მეურნეობის ძლიერი მოწყვლადობის გათვალისწინებით მის შესამცირებლად გამიზნული საადაპტაციო ღონისძიებები

ძირითადად ორიენტირებული უნდა იყოს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გვალვაგამძლე ჯიშების დანერგვაზე, ქარსაცავი ზოლებისა და სარწყავი სისტემების აღდგენა-გაფართოებაზე. რაც შეეხება წყლის რესურსებს, ატმოსფერული ნალექების ბუნებრივი სიმწირის გათვალისწინებით, სარწყავი წყლით რაიონის სავარგულებისა და საძოვრების უზრუნველყოფის ერთადერთ გზად უნდა ჩაითვალოს მდ. ალაზნიდან მძლავრი წყალსაქაჩი სისტემის მოწყობა, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება არსებული სარწყავი ქსელების რეაბილიტაციის შემდეგ 15-20 ათასი ჰა სავარგულების მოწყობა. აღნიშნული სისტემის ელექტროენერგიით მოსამარაგებლად იდეალური იქნებოდა რაიონის ტერიტორიაზე მზის რამდენიმე ძლიერი ელექტროსადგურის აგება, რომელიც წარმატებით გამოიყენებ-და მზის ენერგიით ამ ყველაზე მდიდარი [15] რეგიონის განახლებად პოტენციალს.

საგულისხმოა, რომ ამ ტიპის სადგურების მიერ ელექტროენერგიის გამოშუშავების მაქსიმუმი ემთხვევა უღრუბლო და გვალვიან ამინდს, როდესაც ყველაზე დიდია მოთხოვნა სარწყავ წყალზე. უფრო შორეულ მომავალში პრობლემის კარდინალური გადაჭრის გზად გვესახება 1960-იან წლებში დაწყებული ზემო ალაზნის სარწყავი სისტემის მოწყობა, რომელიც ითვალისწინებს მდ. ალაზნის ზემო წელიდან წყლის გარკვეული ნაწილის თვითღინებით გადაგდებას დედოფლისწყაროს რაიონის დასავლეთით, 600 მ. სიმაღლეზე მდებარე ოლეს ბუნებრივ პოტენციურ წყალსაცავში, საიდანაც შესაძლებელია უფრო დაბლა მდებარე, გვალვისადმი მოწყველადი 67 ათასი ჰა სავარგულებისა და საძოვრების მოწყობა [16]. აქვე აღსანიშნავია, რომ მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში WEAP წყალბალანსური მოდელის გამოყენებით ჩატარებულმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ XXI საუკუნის ბოლომდე პროგნოზირებული კლიმატის ცვლილების პირობებში მდ. ალაზნის წყლის რესურსები საკმარისი იქნება მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად ამჟამად არსებული მოხმარების 30-40%-ით გაზრდის შემთხვევაშიც კი, რაც შესაძლებელს გახდის ზემოთ განხილული სარწყავი სისტემების ფუნქციონირებას.

გავლილი ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატის უკვე გამოვლენილი ცვლილების მიმართ დედოფლისწყაროს რაიონის მოწყველადობის შესამცირებლად მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში დამუშავდა რამდენიმე საადაპტაციო საპროექტო წინადადება, რომლებიც ითვალისწინებს ქარსაცავი ზოლების აღდგენას 1980-იან წლებში ამისთვის გამოყოფილ ფართობებზე, ტყის კორომის გაშენებას დეგრადირებულ მიწებზე ნიადაგის რეაბილიტაციისა და მოსახლეობის შეშით მომარაგების მიზნით, საირიგაციო სისტემების ნაწილობრივ რეაბილიტაციას საძოვრებისა და სავარგულების მოსარწყავად. ამ პროექტების ღირებულება იცვლება 24.1 მლნ აშშ დოლარიდან (ქარსაფარი ზოლების აღდგენა) 36 ათას აშშ დოლარამდე (მდ. ალაზანზე სატუმბი სადგურის აღდგენა). ამასთან ერთად, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დამუშავდა საპროექტო წინადადება ამ რაიონში მზის მძლავრი ელექტროსადგურის ბაზაზე აგროსამრეწველო კომპლექსის სარეაბილიტაციოდ [17].

3.5. საქართველოს ტერიტორიის დარაიონება კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ მოწყველადობის მიხედვით

გავლილი ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატის უკვე გამოვლენილი ცვლილების ფონზე საქართველოს სამ სხვადასხვა კლიმატურ-გეოგრაფიულ პირობებში მყოფი რეგიონის მოწყველადობის ანალიზის საფუძველზე მიღებული

შედგები პირველ მიახლოებაში შეიძლება გამოყენებულ იქნას საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე 2100 წლისთვის პროგნოზირებული კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწვევადობის განაწილების შესაფასებლად.

ამ შეფასებას, ჩვენი აზრით, საფუძვლად უნდა დაედოს შემდეგი მოსაზრებები:

*კლიმატური რისკების ცვლილება განპირობებული იქნება რეგიონში კლიმატური ელემენტების პროგნოზირებული ცვლილებით. მაგალითად, ტემპერატურის მატებისა და ნალექთა შემცირების პირობებში მოსალოდნელია გვაღვის ალბათობის ზრდა, რაც უფრო მკვეთრად აამაღლებს გვაღვის მიმართ ისედაც მგრძობიარე რეგიონის მოწვევადობას. ანალოგიურად, გლობალური ტემპერატურის მატების კვალობაზე გაიზრდება მსოფლიო ოკეანის აწვევის სიჩქარე, რაც აამაღლებს შავი ზღვის დონის აწვევის მიმართ მეტად მგრძობიარე სანაპირო ზონის მოწვევადობის ხარისხს.

*რეგიონში ეკოსისტემების მოსალოდნელი რეაქცია კლიმატური ელემენტების ცვლილებაზე მსგავსი იქნება სისტემების რეაქციისა უკვე გამოვლენილ ცვლილებაზე. ამის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ მყინვარები, რომელთა უკანდახვევის სიჩქარე გაიზრდება გლობალური/რეგიონალური ტემპერატურის მატებასთან ერთად. ასევე, უხვი ნალექების გახშირების შემთხვევაში გაიზრდება დასავლეთ საქართველოს გარკვეულ რეგიონებში მეწყერსაშიშროების ალბათობა.

*კლიმატური რისკების ცვლილების ხასიათი მსგავს ფიზიკურ-გეოგრაფიულ რეგიონებში ერთნაირია. კერძოდ, უხვი ნალექების გაძლიერების შედეგად მეწყერთა გააქტიურების ალბათობა იზრდება როგორც ქვემო სვანეთში, ისე აჭარაშიც, ხოლო ტემპერატურის ზრდასთან ერთად გვაღვიანობის საშიშროება მატულობს როგორც დედოფლისწყაროს რაიონში, ისე ქვემო ქართლშიც.

*კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწვევადობის ხარისხი უფრო მაღალია მჭიდროდ დასახლებულ ტერიტორიებზე. ამის ნათელ მაგალითს იძლევა კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე მდებარე რაიონები, სადაც მთიან, ნაკლებად დასახლებულ რაიონებში წყალმოვარდნებით მიყენებული ზარალი გაცილებით მცირეა, ვიდრე მჭიდროდ დასახლებულ ვაკე ადგილებში.

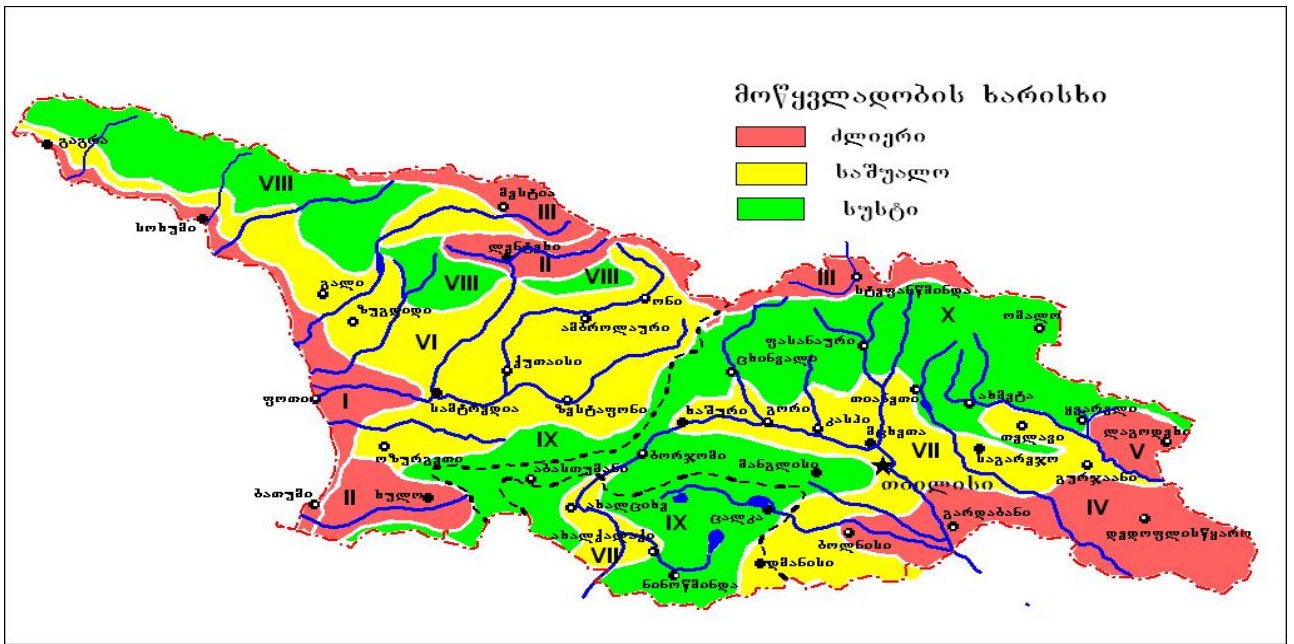
*რეგიონის სამომავლო მოწვევადობა, ძირითადი სისტემების მგრძობიარობასთან ერთად, დიდადაა დამოკიდებული საადაპტაციო ღონისძიებათა ჩატარების შესაძლებლობაზე. მაგალითად, თუ შავი ზღვის სანაპირო ზონაში შესაძლებელი გახდება მეტად ძვირადღირებული ნაპირდამცავი ღონისძიებების ჩატარება, ეს მნიშვნელოვნად შეამცირებს საქართველოს ამ ყველაზე მგრძობიარე რეგიონის მოწვევადობას კლიმატის ცვლილების მიმართ.

მსგავსად ამისა, თუ დედოფლისწყაროს რაიონში მოხერხდება განახლებად ენერჯიაზე მომუშავე მძლავრი საირიგაციო სისტემების მოწყობა, ქარსაცავი ზოლების აღდგენა-გაფართოება და მიწის/წყლის რესურსების მენეჯმენტის არსებითი გაუმჯობესება, ეს საგრძობლად შეამცირებს რაიონის მოწვევადობას კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ. ანალოგიურად, მიწის ეროზიასთან ბრძოლის ეფექტური მეთოდების დანერგვა შეასუსტებს ქვემო სვანეთისა და აჭარის მოწვევადობის ხარისხს.

ამ მოსაზრების საფუძველზე აგებული 2100 წლისთვის კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწვევადობის განაწილების სქემატური რუკა მოყვანილია ნახაზზე 3.5.1.

ამ რუკაზე მოწვევადობის ხარისხი ძირითადად სამ კატეგორიად არის დაყოფილი, ერთი და იგივე მოწვევადობის მქონეს ხვადსხვა ფიზიკურ-გეოგრაფიული რაიონები აღნიშნულია განსხვავებული რომაული ნუმერაციით.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ ერთ-ერთ ყველაზე მოწველად რეგიონს წარმოადგენს შავი ზღვის სანაპირო ზონა (I). ანგარიშში [14] მსოფლიოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სხვადასხვა სცენარებისთვის მოყვანილი შეფასებების თანახმად, მიმდინარე საუკუნის დასასრულისთვის ზღვის დონის მოსალოდნელი აწევის სიმაღლე იცვლება 1.8 მეტრიდან (ოპტიმისტური B1 სცენარი) 3.4 მეტრამდე (პესიმისტური A2 სცენარი). იმის გათვალისწინებით, რომ გასული საუკუნის განმავლობაში მსოფლიო ოკეანის დონემ აიწია 17 სმ-ით [14], ხოლო შავი ზღვის საქართველოს სექტორში 20 სმ-ით [7], რამაც აქ უკვე გამოიწვია სანაპირო ზოლის შესამჩნევი დეგრადაცია, ადვილი წარმოსადგენია, თუ რამდენად დიდი საფრთხე ემუქრება ამ რეგიონს მხოლოდ ზღვის დონის გარდაუვალი აწევის შედეგად. თუ ამას დაემატებთ დათბობის შედეგად ძლიერი შტორმების განმეორადობის დაფიქსირებულ ტენდენციას, რუკაზე აღნიშნული I რეგიონის მოსალოდნელი მოწველადობის ხარისხი კიდევ უფრო მოიმატებს. რაც შეეხება წყალმოვარდნების გაძლიერებას რეგიონის მდინარეთა ქვემოწელში, ატმოსფერულ ნალექთა პროგნოზირებული შემცირებისა და მყინვართა შემდგომი დეგრადაციის პირობებში, ეს საფრთხე ნაკლებადაა მოსალოდნელი.



ნახ. 3.5.1 საქართველოს ტერიტორიაზე 2100 წლისთვის კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ მოწველადობის განაწილების სავარაუდო სქემა.

I რეგიონთან ერთად მოწველადობის მაღალი ხარისხით ხასიათდება აჭარისა და მისი მსგავსი ქვემო სვანეთის (II) რეგიონები, ზემო სვანეთისა და აღმოსავლეთ საქართველოს მაღალმთიანი ნაწილები (III), დედოფლისწყაროს რაიონი და ქვემო ქართლი (IV) და ისტორიული ჰერეთის დასავლეთი ნაწილი (V).

ბოლო 20 წლის მანძილზე ზემოთ ხსენებულ პირველ 2 რეგიონში უხვი ნალექების გაძლიერების ტენდენცია საფუძველს იძლევა ვივარაუდოთ, რომ ამ ტენდენციის შენარჩუნების პირობებში როგორც აჭარაში, ისე ქვემო სვანეთშიც მიწის ეროზიის პროცესები გაგრძელდება, რაც დიდ ზიანს მოუტანს ამ რეგიონების სოფლის მეურნეობას, მეტყევეობას და უარყოფითად აისახება მათ დემოგრაფიულ სიტუაციაზე. ტემპერატურის ზრდისა და ნალექთა

მოსალოდნელი შემცირების ფონზე რეგიონების ტყეებში ნაკლებად მოსალოდნელია აქამდე ნალექთა მატებით გამოწვეული მავნებელ-დაავადებათა გავრცელების ზრდა, თუმცა ჰაერისა და ნიადაგის გაზრდილმა სიმშრალემ შეიძლება გამოიწვიოს ტყეების ხმობისა და დეგრადაციის პროცესები, რაც გამოიწვევს მათი ჯიშობრივ შემადგენლობის ცვლილებას დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს მაღალმთიან რეგიონებში (III) კლიმატური ელემენტების პროგნოზირებულ ცვლილებას უპირველეს ყოვლისა თან მოყვება უკვე ისედაც შემცირებული მყინვარების შემდგომი დეგრადაცია. ამ პროცესების შედეგად მოსალოდნელია მათი დანაწევრება და მყინვარული წარმოშობის ტბების რიცხვის საგრძნობი ზრდა [18], რაც გამოიწვევს ნაზღველი წყალმოვარდნების გახშირებას, მათთვის დამახასიათებელი დიდი ზარალის მიყენებით მოსახლეობისა და კომუნიკაციებისთვის (გზები, მილსადენები და სხვ.). თოვლის საფარისა და მყინვარების შემცირება დიდ ზიანს მიაყენებს ამ მაღალმთიანი რეგიონების ტურისტულ სექტორს, რომლის წარმატებული ფუნქციონირება დიდადაა დამოკიდებული მყინვარებითა და თოვლით დამშვენებული აქაური ბუნების სილამაზეზე. ტემპერატურის ზრდისა და ნალექთა შემცირების კვალობაზე III ჯგუფის რეგიონებში მისალოდნელია თოვლის ზედაელების მნიშვნელოვანი შემცირება [19], თუმცა ნალექთა საერთო ჯამში თხევადი ნალექების პროპორციის მომატება გაზრდის მდინარეებზე წყალმოვარდნებისა და ხევებში ღვარცოფების საშიშროებას.

კლიმატის ცვლილების მიმართ IV რეგიონის მოწვევადობა დეტალურადაა განხილული წინა თავში. 2100 წლამდე კლიმატური ელემენტების პროგნოზირებული ცვლილება გამოიწვევს ამ რეგიონში შემაჯავლი რაიონების მნიშვნელოვან არიდისაციას გაუდაბნოების საშიშროებასთან დაკავშირებული თანმდევი პროცესებით. აღნიშნული ტენდენცია დიდ საშიშროებას უქმნის რეგიონის სასოფლო-სამეურნეო სექტორს, რის გამოც ეს რეგიონი იმდენადვეა მოწვევადი კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ, როგორც შავი ზღვის სანაპირო ზონა.

ბოლო 15-20 წლის მონაცემებით, კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მიმართ მეტად მაღალი მგრძობიარობა გამოიჩინა ისტორიული ჰერეთის დასავლეთმა ნაწილმა (V), რომელიც ძირითადად მოიცავს ლაგოდეხის რაიონს. უხვი ნალექების გაძლიერებამ აქ გამოიწვია დაბლობი რაიონების დაჭაობება, რასაც თან მოჰყვა მოსახლეობაში მაღარიის შემთხვევათა მკვეთრი ზრდა, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დაკარგვა და ტყეების გახმობა. რაიონის ვაკე ზონაში მოსახლეობის დიდი სიმჭიდროვისა და ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით, ეს რეგიონი შეიძლება მიეკუთვნოს ძლიერ მოწვევადი რეგიონების კატეგორიას, თუმცა ტემპერატურის მოსალოდნელი ზრდისა და ნალექთა კლების შემთხვევაში აქ შესაძლებელია ზემოთ აღნიშნული ნეგატიური პროცესების შესუსტება.

მოყვანილ რუკაზე საშუალო მოწვევადობის დიდი რეგიონი VI დასვლეთ საქართველოში მოიცავს სამეგრელო-ზემო სვანეთის, იმერეთისა და გურიის ტერიტორიებს. კლიმატის მიმდინარე ცვლილებით აქ გამოწვეული რისკ-ფაქტორები მოიცავს უხვ ნალექებთან დაკავშირებულ წყალმოვარდნებსა და მიწის ეროზიას, აგრეთვე ბოლო დროს გახშირებულ აღმოსავლეთის ძლიერ ქარებს (ფიონებს), რომლებიც საგრძნობ ზარალს აყენებს მოსახლეობას. ეკონომიკის დარგებიდან ამ პროცესების მიმართ მოწვევადია სოფლის მეურნეობა, მეტყევეობა და საყოფაცხოვრებო სექტორი. მიმდინარე საუკუნის ბოლომდე კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების კვალობაზე ამ რეგიონში მოსალოდნელია წყალმოვარდნებითა და მიწის ეროზიით გამოწვეული ზარალის გარკვეული ზრდა, თუმცა ნალექთა საერთო რაოდენობის შემცირების ფონზე ამ

პროცესების საგრძნობი გაძლიერება არ არის მოსალოდნელი. რეგიონის მოწვევადობის შედარებით მაღალ ხარისხს განაპირობებს ამ რაიონებში მოსახლეობის საკმაოდ დიდი სიმჭიდროვე.

საშუალო მოწვევადობის მეორე რეგიონი VII მოიცავს შიდა და ქვემო ქართლის, შიდა და გარე კახეთის რაიონების დიდ ნაწილს, აგრეთვე მტკვრის ხეობის გავლენის ქვეშ მყოფ სამცხე-ჯავახეთის მცირე ნაწილს. კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების პირობებში აქ მოსალოდნელია ლანდშაფტების არიდოზაცია, გვალვების სიხშირისა და ხანგრძლივობის ზრდა მიწის ეროზიისა და დეგრადაციის პროცესების თანხლებით, რაც სერიოზულ დაბრკოლებას შეუქმნის აქ სოფლის მეურნეობის განვითარებას.

სუსტი მოწვევადობის VIII ზონა დასავლეთ საქართველოში ვრცელდება აფხაზეთის, სამეგრელოსა და რაჭა-ლეჩხუმის ტყეებით დაფარულ მთიან რაიონებზე. მცინვარების დეგრადაციისა და ნალექთა ჯამების კლების შედეგად ამ რაიონებში მოსალოდნელია მდინარეთა რეჟიმის ცვლილება წლიური ჩამონადენის შემცირების მიმართულებით, ტყის ეკოსისტემების ტრანსფორმირება ჰაერისა და ნიადაგის სიმშრალის ზრდის შედეგად, თოვლის საფარის შემცირება და სათიბ-საძოვრების პროდუქტიულობის კარგვა. აღნიშნულ ტერიტორიებზე მოსახლეობის მცირე სიმჭიდროვის გამო კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწვევადობა აქ ნაკლები სიმძაფრით აღიქმება.

სუსტი მოწვევადობის IX ზონა აღმოსავლეთ საქართველოში მოიცავს სამცხე-ჯავახეთის მთიან ზონას, ტყეებით დაფარულ თრიალეთის მასივს და წალკის ზეგანს. კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილება აქ ზემოქმედებას მოახდენს მესხეთისა და თრიალეთის ქედებზე არსებულ ტყის მასივზე, გამოიწვევს რა თანდათანობით მათ ჯიშობრივ ტრანსფორმაციას, ხოლო ახალქალაქისა და წალკის პლატოებზე გაზრდის ისედაც არსებულ წყლის დეფიციტს წლის თბილ პერიოდში. ტემპერატურის მომატება ჯავახეთის მთიან საძოვრებზე ხელს შეუწყობს გახანგრძლივებულ სავგებტაციო პერიოდში მცენარეული საფარის პროდუქტიულობის ზრდას, თუმცა ნალექთა კლებამ შესაძლებელია დააკომპენსიროს ამ პროცესის დადებითი შედეგი.

სუსტი მოწვევადობის X რეგიონი აღმოსავლეთ საქართველოში ვრცელდება კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე მდებარე ქართლ-კახეთის მთიან რაიონებზე და მთა-თუშეთზე, სადაც ისევე როგორც მესხეთ-ჯავახეთში კლიმატის ცვლილება აისახება ტყის მასივების ტრანსფორმირებაზე, სათიბ-საძოვრების შედარებით დიდ სიმაღლეებზე გავრცელებაზე და მდინარეული ჩამონადენის შემცირებაზე. უხვი ნალექების გახშირების შემთხვევაში მდინარეთა ხეობებში გაიზრდება წყალმოვარდნების შემთხვევები, თუმცა მოსახლეობის მცირე სიმჭიდროვის გამო ამ პროცესებით გამოწვეული ზარალი სხვა, უფრო მოწვევად რეგიონებთან შედარებით, არ უნდა იყოს დიდი.

აღნიშნული რუკის მიხედვით მიმდინარე საუკუნის ბოლომდე კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებით გამოწვეული რისკ-ფაქტორების სავარაუდო განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე ეკონომიკის მოწვევადი სექტორებისა და ძირითადი საადაპტაციო ღონისძიებების ჩვენებით თავმოყრილია ცხრილში 3.5.1.

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ რეგიონების მოწვევადობის განმაპირობებელი ძირითადი კლიმატური ფაქტორებია ტემპერატურის ზრდა და ნალექთა ცვლილება როგორც უხვი ნალექების გაძლიერების, ასევე მათი წლიური ჯამების შემცირების მიმართულებით. რაც შეეხება ეკონომიკის მოწვევად დარგებს, აქ გაცილებით მეტია მრავალფეროვნება და იგი მოიცავს საქართველოში ეკონომიკის მოქმედ თითქმის ყველა სექტორს, გარდა ინდუსტრიული პროცესებისა. კლიმატის

ცვლილების ნეგატიური ზემოქმედების შემარბილებელი საადაპტაციო ღონისძიებების სპექტრი ასევე საკმაოდ ფართოა - მასში შედის ზღვისა და მდინარის ნაპირდამცავი ტრადიციული მეთოდები, მეწყერსაშიში უბნების სტაბილიზება, მყინვარების ზემოქმედებისგან დაცვის სხვადასხვა საინჟინრო ხერხები, ქარსაცავი ზოლების გაშენება, საირიგაციო სისტემების აღდგენა-გაფართოება, მიწისა და წყლის რესურსების მენეჯმენტის სრულყოფა, მონიტორინგის სისტემების მოწყობა და სხვა სამუშაოები, რომლებიც შეამცირებს რეგიონების მოწვევლადობას კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ.

ცხრილი 3.5.1. საქართველოში 2100 წლამდე კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ რეგიონებში ეკონომიკის მოწყველადი სექტორები და შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებები

მოწყველადობის კატეგორია	რეგიონი	მოწყველადობის განმაპირობებელი ფაქტორები და მათი ზემოქმედების შედეგები	ეკონომიკის მოწყველადი სექტორები	ძირითადი საადაპტაციო ღონისძიებები (წვერი A1)	მოწყველადობის ანთროპოგენული ფაქტორები (წვერი A2)
1	2	3	4	5	6
ძლიერი	შავი ზღვის სანაპირო ზონა (I)	*ტემპერატურის მატება: -ზღვის დონის აწევა -შტორმების გაძლიერება -ზღვის თერმული რეჟიმის ცვლილება *უხვი ნალექების ზრდა: -ზღვის დონის აწევა და უხვი ნალექებით გამოწვეული წყალდიდობა, სანაპირო ზოლისა და მდინარეთა ნაპირების ეროზია და დეგრადაცია	*დიდი ქალაქების (ბათუმი, ფოთი, სოხუმი) ინფრასტრუქტურა *სოფლის მეურნეობა *საკურორტო ინფრასტრუქტურა *მეთევზეობა	*ზღვის ნაპირების ხელოვნური კეება (რეფულირება) *ზღვის სანაპირო ზოლში ნაპირდამცავი კონსტრუქციების აგება *მდინარეთა ნაპირების გამაგრება დამბებით *მონიტორინგის სისტემის მოწყობა ადრეული გაფრთხილებით ზარალის შესამცირებლად	*მდინარეული ნა-ტანის ხელოვნური შემცირება (ჰესები, ქვიშის კარიერები) ან გადანაწილება (პორტები, მოლესები და სხვ.)
	აჭარა და ქვემო სვანეთი (II)	*უხვი ნალექების ზრდა: -წყალმოვარდნა -მეწყერი -ღვარცოფი -მიწის ეროზია	*საყოფაცხოვრებო სექტორი *სოფლის მეურნეობა *მეტყვეობა *დემოგრაფიული სიტუაცია	*მდინარეთა ნაპირების გამაგრება *მეწყერსაშიში უბნების სტაბილიზება * მონიტორინგის სისტემის მოწყობა ადრეული გაფრთხილებით ზარალის შესამცირებლად	*ტყეების უსისტემო ჭრა *მეწყერსაშიშ უბნებზე მიწის დამუშავება
	ზემო სვანეთი და აღმოსავლეთ საქართველოს მაღალმთიანი ზონა (III)	*ტემპერატურის მატება: -მყინვარების დეგრადაცია და მდინარეთა რეჟიმის ცვლილება, ნაზღვლევი წყალმოვარდნების გახშირება -თოვლის საფარის შემცირება *უხვი ნალექების ზრდა: -წყალმოვარდნა -ღვარცოფი -მდინარეთა ნაპირების ეროზია	*სატრანსპორტო და საკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურა *ტურისტულ-რეკრეაციული საქმიანობა *სოფლის მეურნეობა	*სადრენაჟო და დამცავი გვირაბებისა და სხვა კონსტრუქციების აგება *წინწასწრებით მყინვართა ნაწილების ხელოვნური ჩამოშვება *დამცავი კონსტრუქციების აგება ისტორიული ძეგლების შესანარჩუნებლად	ტყეების უკანონო ჭრა და მასთან დაკავშირებით გზების უსისტემო გაყვანა

	2	3	4	5	6
	დედოფლის- წყაროს რაიონი და ქვემო ქართლი (IV)	*ტემპერატურის ზრდა და ნალექთა შემცირება: -გვალვა -ბუნებრივი ლანდშაფტების ტრანსფორმირება -ბიომრავალფეროვნების გაღარიბება *ძლიერი ქარების გახშირება: -მიწის ეროზია და დეგრადაცია	*სოფლის მეურნეო ბა *ტურიზმი და და- ცული ტერიტორიები	*ქარსაცავი ზოლებისა და კორომების გაშენება *საირიგაციო სისტემის აღდგენა და გაფართოება *მიწისა და წყლის რესურსების მენეჯმენტის სრულყოფა *მონიტორინგის სისტემის მოწყობა სტიქიურ მოვლენებზე დროული რეაგირებისთვის	*ქარსაცავი ზო- ლების გაჩეხვა *საირიგაციო სისტემების მოშლა *საქონლის ჭარბი ძოვება *მიწისა და წყლის რესურსების არა- სწორი მენეჯმენტი
	ჰერეთი (V)	*უხვი ნალექები: -წყალმოვარდნა -ღვარცოფი -დაბლობი ტერიტორიების დატბორვა- დაჭაობება, ტყეების უსისტემო ჭრა	*საყოფაცხოვრებო სექტორი *ჯანდაცვა *სოფლის მეურნეობა *მეტყვეობა	*მდინარეთა ნაპირების გამაგრება *სადრენაჟო სისტემების მოწყობა ჭაობების დასაშრობად *პრევენციული ჯანდაცვითი ლონისძიებების ჩატარება *ღვარცოფსაწინააღმდეგო სისტემების მოწყობა *მონიტორინგის სისტემების მოწყობა ადრეული გაფრთხილე- ბით ზარალის ასაცილებლად	*ტყეების უსის- ტემო ჭრა *მიწის არასწორი მენეჯმენტი
საშუალო	სამეგრელო, იმერეთი, გურია (VI)	*უხვი ნალექები: -წყალმოვარდნა -მიწის ეროზია *ძლიერი ქარები	საყოფაცხოვრებო სექტორი *სოფლის მეურნეობა *მეტყვეობა	*მდინარეთა ნაპირების გამაგრება *სამელიორაციო სისტე- მების მოწყობა *ტყის საფარის აღდგენა *მონიტორინგის სისტემის მოწყობა საშიში მოვლენების პროგნოზირებისთვის	*ტყეების უსისტემო ჭრა *მიწის არასწორი მენეჯმენტი

1	2	3	4	5	6
	შიდა ქართლი, ქვემო ქართლი, შიდა და გარე კახეთი, სამცხე (VII)	*ტემპერატურის ზრდა და ნალექთა შემცირება: -გვალეების გახშირება -მიწის ეროზია და დეგრადაცია -ლანდშაფტების არიდია *უხვი ნალექები: -წყალმოვარდნა	*სოფლის მეურნეობა *საყოფაცხოვრებო სექტორი	*სარწყავი სისტემის მოწყობა და გაფართოება *ქარსაცავი ზოლების აღდგენა და გაშენება * მიწისა და წყლის რესურსების მენეჯმენტის სრულყოფა *მონიტორინგის სისტემის მოწყობა საშიში მოვლენების პროგნოზირებისა და მასშტაბის შეფასებისთვის	*მიწისა და წყლის რესურსების არასწორი მენეჯმენტი
სუსტი	მთიანი აფხაზეთი და სამეგრელო, მესხეთ-ჯავახეთი და აღმო-სავლეთ სა-ქართველოს მთიანეთი (VIII-IX-X)	*ტემპერატურის ზრდა და ნალექთა შემცირება: -მყინვარების დეგრადაცია და ნალექთა კლების შედეგად მდინარეთა რეჟიმის ცვლილება, წყლის რესურსების შემცირება -ტყის ეკოსისტემების ტრანსფორმირება -თოვლის საფარის შემცირება *უხვი ნალექების ზრდა: -წყალმოვარდნა	*სოფლის მეურნეობა *ჰიდროენერგეტიკა *მეტყვეობა *ტურისტულ-რეკრეაციული სექტორი	*სარწყავი სისტემის მოწყობა *მდინარეთა ნაპირების გამაგრება *ახალი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დანერგვა	*ტყეების უსისტემო ჭრა *მიწისა და წყლის რესურსების არასწორი მენეჯმენტი

3.6. ძირითადი შედეგები

1. საქართველოს ტერიტორიაზე სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში შერჩეულ რეგიონებისთვის ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა, რომ გავლილი ნახევარი საუკუნის მანძილზე გლობალური დათბობის შედეგად ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ნაზრდმა შეადგინა 0.2°C-დან (შავი ზღვის სანაპირო ზონა) 0.6 °C-მდე (დედოფლისწყაროს რაიონი). შესაბამისად 13-6%-ით მოიმატა ნალექთა წლიურმა ჯამებმაც.
2. სხვადასხვა კლიმატური მოდელებით მიღებული შედეგების შეჯერებით დადგინდა იქნა, რომ გლობალური სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების A2 (პესიმისტური) სცენარის განხორციელების შემთხვევაში 2100 წლისთვის მოსალოდნელია საშუალო წლიური ტემპერატურის მომატება 3.5 °C -დან (დასავლეთ საქართველო) 4.1 °C -მდე (აღმოსავლეთ საქართველო) ნალექთა შესაბამისი შემცირებით 6 და 14%-ით. B1 (ოპტიმისტური) სცენარის განხორციელების შემთხვევაში ტემპერატურის მომატებამ შეიძლება შეადგინოს 2-2.5 °C.
3. კლიმატის ცვლილების მიმართ საქართველოში ყველაზე მოწყვლად რეგიონში – შავი ზღვის სანაპირო ზონაში კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული პროცესებისადმი მაქსიმალური მგრძობიარობით ხასიათდება მდ. რიონის დელტა და ბათუმი-ადლიას მონაკვეთი. სანაპირო ზონის ამ უბნებისთვის დამუშავებულია ადაპტაციის საპროექტო წინადადებები, რომელთა განხორციელების ღირებულება, წინასწარი შეფასებებით, იცვლება 65-130 მლნ. აშშ დოლარის ფარგლებში.
4. კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციისთვის საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში შერჩეულ მეორე რეგიონში-ქვემო სვანეთში გლობალური დათბობის შედეგად გამძაფრებულმა სტიქიურმა მოვლენებმა გამოიწვია მიწის ეროზიის პროცესების გაძლიერება, რაც დიდ ზიანს აყენებს რაიონის სოფლის მეურნეობასა და ტყეებს, იწვევს რეგიონის დეპოპულაციას. დამუშავდა მიწის ეროზიის შესაჩერებლად გამიზნული საადაპტაციო საპროექტო წინადადება, რომლის ღირებულება შეადგენს დაახლოებით 280 ათას აშშ დოლარს.
5. დედოფლის წყაროს რაიონი ხასიათდება კლიმატის ცვლილების მიმართ არანაკლები მოწყვლადობით, ვიდრე შავი ზღვის სანაპირო ზონა. ისევე, როგორც ქვემო სვანეთში, გლობალურმა დათბობამ, მძლავრ ანთროპოგენულ ზემოქმედებასთან ერთად დედოფლისწყაროს რაიონში ბოლო 15-20 წლის მანძილზე გამოიწვია მიწის ინტენსიური ეროზია, რასაც თან მოჰყვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირება, სავარგულების კარგვა და საძოვრების დეგრადაცია. ამ პროცესებთან საბრძოლველად შემუშავებულია რამდენიმე საადაპტაციო საპროექტო წინადადება, რომელიც ითვალისწინებს რაიონის ტერიტორიაზე ქარსაფარი ზოლების აღდგენას, ენერგეტიკული კორომების გაშენებას და სარწყავი სისტემების ნაწილობრივ რეაბილიტაციას. პროექტების ღირებულება იცვლება 24 მილიონიდან 36 ათას აშშ დოლარამდე.
6. საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატური რისკების განაწილებისა და 2100 წლამდე მათი სავარაუდო ცვლილების გათვალისწინებით შედგენილია კლიმატის ცვლილების მიმართ სამ ხარისხად დაყოფილი მოწყვლადობის განაწილების რუკა. ძლიერი მოწყვლადობის არეები მოიცავს შავი ზღვის სანაპირო ზონას, მთიან აჭარას, ქვემო და ზემო სვანეთს, ქვემო ქართლსა და დედოფლისწყაროს რაიონს, აგრეთვე ყაზბეგის გამყინვარების ზონას და ჰერეთს.

საშუალო მოწყვლადობის არეებს მიეკუთვნება ზემო აფხაზეთი და რაჭა-ლეჩხუმი, მესხეთი, სამცხე-ჯავახეთი, სამაჩაბლო და მცხეთა-მთიანეთი, ხოლო სუსტი მოწყვლადობის არეებად შეფასებულია სამეგრელოს, იმერეთის, შიდა ქართლისა და შიდა კახეთის რაიონები, ქვემო ქართლის მთიანი ნაწილი და ახალციხის ქვაბული. თითოეული რეგიონისთვის გამოყოფილია ეკონომიკის

მოწვევადი სექტორები და შემოთავაზებულია კლიმატის ცვლილების მიმართ ძირითადი საადაპტაციო ღონისძიებების მიმართულებანი.

ლიტერატურა

1. Climate Change 2007. Impacts, adaptations and vulnerability. IPCC, 2007.
2. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. თბილისი, 2009.
3. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე (რედ. ბ. ბერიტაშვილი და პ. ჯანელიძე). კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრი. თბილისი, 1999.
4. Climate Change 1995. WG II: Impacts, adaptations and mitigation of climate change. IPCC, 1996.
5. Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Development Strategies, Policies and Measures. UNDP, 2005.
6. კლიმატის ცვლილების მიმართ საადაპტაციო პოლიტიკის საფუძვლები. საქ. მეორე ეროვნული შეტყობინების მომამზად. ჯგუფი. თბილისი, 2006.
7. შვანგირაძე მ. მეტრეველი გ. საქართველოს სანაპირო ზოლის მოწვევადობის შეფასება. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება, 2007 წელს მიღებული შედეგები. თბილისი, 2008, გვ. 55-89.
8. კლიმატის ცვლილების გავლენა დედოფლისწყაროს რაიონზე. საქ. მეორე ეროვნული შეტყობინების მომამზად. ჯგუფი. თბილისი, 2008.
9. ელიზბარაშვილი მ. საქართველოს ტერიტორიის ტემპერატურული ველი. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტი. თბილისი, 1999.
10. თავართქილაძე კ., ელიზბარაშვილი ე., მუმლაძე დ., ვანნაძე ჯ. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტი, თბილისი, 1999.
11. ინაშვილი მ. საქართველოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სცენარები კლიმატის ცვლილებისადმი მოწვევადობისა და ადაპტაციის შეფასებისათვის. საქ. მეორე ეროვნული შეტყობინება. კლიმ. ცვლილ. პროექტებში 2006 წელს მიღებული შედეგები. თბილისი, 2007, გვ. 5-46.
12. Modelling Climate Change (1860-2050). Hadley Centre, UK Met.Office, 1995.
13. კუტაღაძე ნ. კლიმატის ცვლილების მოსალოდნელი სცენარები საქართველოში. საქ. მეორე ეროვნული შეტყობინება. კლიმ. ცვლილ. პროექტებში 2006 წელს მიღებული შედეგები. თბილისი, 2007, გვ. 71-83.
14. Climate Change 2007. The physical science basis. IPCC, 2007
15. Сванидзе Г.Г., Гагуа В.П., Сухишвили Э.В. Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Гидрометеиздат, Ленинград, 1987.
16. უკლება ნ.ლ. საქართველოს სსრ წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება სახალხო მეურნეობაში. თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1977.
17. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ. დედოფლისწყაროს რაიონის აგროსამრეწველო კომპლექსის რეაბილიტაცია მზის მძლავრი ელექტროსადგურების ბაზაზე საირიგაციო სისტემის აღდგენით. გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება. სტუ შრომები, თბილისი, 2010.
18. Stokes C.R., et al. Recent glacier retreat in the Caucasus Mountains, Russia and associated increase in supraglacial debris cover and supra-/ proglacial lake development. Ann. Glaciol., 2007, vol.46, No. 176, pp.195-203.
19. ქალდანა ლ. მეტეოროლოგიური ფაქტორების გავლენა საქართველოს ტერიტორიის ზედავსაშიშროებაზე. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის შრომები, 2002, ტ. 105, გვ. 146-158.

4.საქართველოს ეკონომიკის ცალკეული დარგების მოწყვლადობა კლიმატური პარამეტრების მიმართ

4.1. კლიმატური რისკების კავშირი მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან

საადაპტაციო პოლიტიკის ზოგადი პრინციპებიდან გამომდინარე, სისტემების მგრძობიარობის შეფასება შეიძლება განვიხილოთ როგორც კლიმატური ელემენტებისა და მათთან დაკავშირებული კლიმატური რისკების ცვლილების მიმართ ეკონომიკის ცალკეული დარგების და ბუნებრივი ეკოსისტემების მოწყვლადობის დადგენის საწყისი ეტაპი. პირველ მიახლოებაში ეს მოწყვლადობა შეიძლება განვიხილოთ სისტემაზე ანთროპოგენული ზემოქმედების გათვალისწინების გარეშე და მხოლოდ ბუნებრივი კლიმატური რისკების მხედველობაში მიღებით.

კლიმატური რისკების, ანუ საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების მათ გამომწვევ კლიმატურ ელემენტებზე დამოკიდებულების ხარისხის შეფასების ერთ-ერთი მაგალითი მოყვანილია ცხრილში 4.1.1.

ცხრილი 4.1.1. კლიმატური რისკების ხარისხობრივი კავშირი მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან

№	სტიქიური მოვლენა/ კლიმატური რისკი	მეტეოროლოგიური ელემენტი	ბმაღლე	წყალდიდობა	თოვლის ზრგები	ღვარცოფი	მეწყერი	ჭაყინვა	სეტყვა	ზღვის დინების ცვლილება	ელემენტების ჯამური წველი
1	ჰაერის საშუალო ტემპერატურა		3	1	3	0	0	3	2	3	15
2	ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურა		3	0	3	0	0	0	2	2	10
3	ჰაერის მინიმალური ტემპერატურა		0	0	3	0	0	3	0	2	8
4	ნალექთა საშუალო რაოდენობა		3	3	3	3	3	2	2	3	22
5	ჰაერის სინოტივე		3	0	2	0	0	1	2	0	8
6	ქარი		2	0	2	0	0	1	0	0	5
7	ღრუბლიანობა		0	0	3	0	0	3	3	0	9
8	ნიადაგის ტენიანობა		3	0	3	2	3	0	0	0	11
9	თოვლის საფარი		0	3	3	2	3	3	2	3	19
10	ელჭექი		0	0	1	0	0	0	3	0	4
	კლიმატური რისკის ჯამური მაჩვენებელი		17	7	26	7	9	16	16	13	

შენიშვნა:

• ცხრილში მოცემული ყველა მეტეოროლოგიური ელემენტისათვის აქ და ქვემოთ მოყვანილ სხვა ცხრილებში იგულისხმება გადახრა პერიოდის (დღე, თვე, სეზონი, წელი) შესაბამისი ნორმიდან

აღნიშვნები: 3 – მჭიდრო კავშირი; 2 – საშუალო კავშირი; 1 – სუსტი კავშირი; 0 – უშუალო კავშირის არარსებობა. □ - კავშირი გლობალური მასშტაბით.

ცხრილში მოცემულია ხარისხობრივი კავშირები მეტეოროლოგიურ ელემენტებსა და სტიქიურ მოვლენებს შორის. ეს ცხრილი მოყვანილია მაგალითისათვის და მასში არაა შეჯერებული სხვადასხვა დაინტერესებულ მხარეთა და ექსპერტთა მოსაზრებები, რაც მომავალში მნიშვნელოვნად დააზუსტებს ცხრილში მოცემულ შეფასებებს. მოყვანილი შეფასებებიდან

შეიძლება ითქვას, რომ განხილული დაშვებების ფარგლებში მეტეოროლოგიური ელემენტებს შორის ცხრილში მოყვანილი, საქართველოსათვის აქტუალური, კლიმატური რისკების ფორმირებაში ყველაზე დიდი წვლილი მიუძღვის ნალექთა საშუალო (დღეღამური, თვიური თუ სეზონური მასშტაბით) რაოდენობის (თოვლის საფარის ჩათვლით) და ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილებას. რაც შეეხება კლიმატურ რისკებს, მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან ყველაზე მჭიდრო კავშირი განხილულ დაშვებებში ვლინდება თოვლის ზვავების, გვალვის, წაყინვისა და სეტყვის შემთხვევაში.

4.2. კლიმატური ელემენტების ცვლილების მიმართ საქართველოს ეკონომიკის ძირითადი დარგების მოწყვლადობის შეფასების საფუძვლები

4.2.1. სოფლის მეურნეობა

საქართველოს ეკონომიკაში სოფლის მეურნეობის წამყვანი როლის გათვალისწინებით მიზანშეწონილია ეკონომიკის ამ დარგის მთავარ ქვედარგებად წარმოჩენა, რადგანაც თითოეულ მათგანს სერიოზული როლი მიუძღვის ამა თუ იმ რეგიონის მდგრად განვითარებაში.

მემარცვლეობა ძირითადად მოიცავს ხორბლის (აღმოსავლეთ საქართველო) და სიმინდის (დასავლეთ საქართველო) წარმოებას. არსებული მასალების და კვლევების გათვალისწინებით ჰაერის ტემპერატურული მაჩვენებლებიდან მემარცვლეობა ყველაზე ნაკლებად მგრძობიარე უნდა იყოს მინიმალური ტემპერატურის მიმართ, რადგან ამ კულტურების უმეტესი ნაწილი ვითარდება გაზაფხულსა და ზაფხულში, და ძირითადი ზარალი ამ მეტეოელემენტისგან შეიძლება მიადგეს საშემოდგომო ხორბალს ცივი და უთოვლო ზამთრის პირობებში. აღნიშნული კულტურები მაქსიმალურად მგრძობიარენი უნდა იყვნენ ატმოსფერულ ნალექთა ცვალებადობის მიმართ, ნიადაგის ტენიანობის და გვალვის მიმართ, რომელთაგან ბოლო ორი პარამეტრი პირველის წარმოებულად შეიძლება ჩაითვალოს.

ანალოგიური თვალსაზრისით **მევენახეობა** ნაკლებად მგრძობიარედ მიიჩნევა ჰაერის მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურის მიმართ, რადგან მაქსიმალური ტემპერატურის მოქმედება ვაზზე ზაფხულის პერიოდში ვეგეტაციის მთელ სეზონთან მიმართებაში შედარებით ხანმოკლეა, ხოლო მინიმალური ტემპერატურის ზეგავლენა ზამთრის პერიოდში ძირითადად აღინიშნება – 20°C –ზე დაბალ ტემპერატურულ დიაპაზონში, რაც საქართველოს მევენახეობის რაიონებისთვის იშვიათ მოვლენას წარმოადგენს. ამ რაიონებში ნალექთა წლიური ჯამების მრავალწლიურ ჭრილში საკმაოდ დიდი ამპლიტუდის გათვალისწინებით მევენახეობა მაქსიმალურად მგრძობიარედ განიხილება სეზონურ ნალექთა ცვალებადობის, ნიადაგის ტენიანობის, გვალვისა და სეტყვის მიმართ. ვაზის მოსავლიანობის მზის ნათების ხანგრძლივობაზე საგრძნობი დამოკიდებულების მხედველობაში მიღებით, საშუალო ბალით იქნა შეფასებული ქვედარგის მგრძობიარობა ღრუბლიანობის მიმართ.

განხილული ორი ქვედარგის საშუალო მგრძობიარობა უხვი ნალექების მიმართ შეიძლება არგუმენტირებული იქნას იმით, რომ საქართველოს მთაგორიანი რელიეფის პირობებში უხვი ნალექების უმეტესი ნაწილი საკმაოდ სწრაფად ტრანსფორმირდება მდინარეულ ჩამონადენად და მხოლოდ ცალკეულ ტერიტორიებზე შესაძლებელია სავარგულების ხანგრძლივი დატბორვა და ამ მიზეზით მოსავლის დაკარგვა (ძირითადად კოლხეთის დაბლობის პირობებში). იგივე შეიძლება ითქვას თოვლის საფარზედაც, რომელიც დაბალი ტემპერატურების პირობებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კულტურების (სიმინდის გამოკლებით) წაყინვისგან დაცვაში.

მგრძნობიარობის ინდიკატორებად ამ ქვედარგში შეიძლება გამოდგეს ცალკეული კულტურების/ჯიშების მოსავლიანობა (მიღებული მოსავალი 1 ჰა-ზე გადაანგარიშებით), აგრეთვე მათი ხარისხი (კალორიულობა, ცილების თუ შაქრის შემცველობა 1 კგ პროდუქტში) და სხვ. კლიმატურ პარამეტრებთან ამ ინდიკატორების რაოდენობრივი სახით კავშირის დასადგენად საჭიროა მათ შორის კორელაციური კავშირების დადგენა კონკრეტულ ფიზიკურ-გეოგრა-ფიულ პირობებში მიღებული ფაქტობრივი დაკვირვებების საფუძველზე.

მეციტრუსეობის ქვედარგი, რომელისთვისაც ხელსაყრელი კლიმატი ხმელთაშუა ზღვის სუბტროპიკული ზონაა, მაქსიმალურად მგრძნობიარედ შეიძლება იყოს განხილული მოყინვის მიმართ, რადგან საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ამ ზონის უკიდურეს ჩრდილო – აღმოსავლეთი ნაწილია და ტემპერატურა აქ ხშირად ეცემა -6°C -ზე დაბლა. რაც შეეხება ნალექთა სიუხვეს (1200 – 1500 მმ/წ) ამ ზონაში ეს დარგი საშუალოდ მგრძნობიარეა ატმოსფერულ ნალექებთან დაკავშირებული პარამეტრების, მათ შორის ნიადაგის ტენიანობისა და გვალვის მიმართ. მეციტრუსეობის სუსტი მგრძნობიარობა უხვი ნალექებისა და წყალდიდობის მიმართ შეიძლება აიხსნას შავი ზღვისპირეთის ჩრდილო და სამხრეთი სექტორების მთაგორიანი რელიეფით, რომელიც დომინირებს ამ კულტურების გავრცელების არეალში.

მეჩაიეობა გასული საუკუნის 90-იან წლებამდე წარმოადგენდა საქართველოს ეკონომიკის ერთ-ერთ წამყვან ქვედარგს. სსრკ დაშლის შემდეგ დარგი მნიშვნელოვნად დაკნინდა, მაგრამ დასავლეთ საქართველოში მისი განვითარებისთვის ხელშემწყობი პირობების გათვალისწინებით მოსალოდნელია მომავალში მისი ხელახალი გაძლიერება, რის გამოც იგი შეყვანილ იქნა ცხრ. 4.3.1.-ში მეჩაიეობის განვითარების აგროკლიმატურ თავისებურებათა მხედველობაში მიღებით დარგის მაქსიმალური მგრძნობიარობა მიეწერა ჰაერის საშუალო ტემპერატურასა და ნიადაგის ტენიანობას, საშუალო – ჰაერის მაქსიმალურ ტემპერატურას, ნალექთა საშუალო რაოდენობასა და მათ ცვალებადობას, აგრეთვე გვალვას, ხოლო სუსტი – უხვ ნალექებს, ჰაერის სინოტივესა და ქარს, აგრეთვე სეტყვასა და თოვლის საფარს. ამ ჩამონათვალიდან პირველი ელემენტის მიმართ მგრძნობიარობა კვლავ მთაგორიანი რელიეფის ზემოთ ხსენებული თავისებურებებითაა განპირობებული, სინოტივე და ქარი დასავლეთ საქართველოს პირობებში არსებით გავლენას არ ახდენენ ჩაის კულტურაზე, ხოლო სეტყვა და თოვლის საფარი აქ იშვიათ მოვლენას წარმოადგენს.

კოლექტიური მეურნეობების დაშლის შემდეგ **მეცხოველეობა** ამჟამად საქართველოს სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთი წამყვანი ქვედარგია. მისი მგრძნობიარობა ჰაერის ტემპერატურული მახასიათებლებისა და ატმოსფერულ ნალექთა, აგრეთვე ნიადაგის ტენიანობის მიმართ საშუალოსა და ძლიერს შორის მერყეობს, რადგან ზემოთ ხსენებული პარამეტრები განაპირობებს საძოვრების პროდუქტიულობას. იგივე შეიძლება ითქვას გვალვაზეც. ნაკლებ მგრძნობიარედ მეცხოველეობა შეიძლება ჩაითვალოს უხვი ნალექების, ჰაერის სინოტივისა, ქარისა და ღრუბლიანობის მიმართ. ძლიერი სეტყვა ზოგ შემთხვევაში გარკვეულ ზარალს იწვევს მეცხოველეობაში, განსაკუთრებით მეცხვარეობაში, მაგრამ ამ ზარალის ეპიზოდური, საკმაოდ იშვიათი ხასიათის გამო ქვედარგის მგრძნობიარობა მის მიმართ სუსტად იყო ჩათვლილი. მგრძნობიარობის ინდიკატორებად ამ ქვედარგში შეიძლება გამოყენებულ იქნას პროდუქტიულობა (მიღებული რძის/ ხორცის რაოდენობა 1 სულ ცხოველზე გადაანგარიშებით), პროდუქციის ხარისხი და სხვ.

სოფლის მეურნეობის სექტორში განხილული ქვედარგებიდან კლიმატური ელემენტების მიმართ ყველაზე ნაკლები მგრძნობი-არობით ხასიათდება **მეფრინველეობა**. წვრილ საოჯახო მეურნეობებთან შედარებით ამ დარგში პროდუქციის დიდი ნაწილი იწარმოება მეფრინველეობის მსხვილ საწარმოებში, რომელთა წარმადობა, შინაურ ფრინველთა ფიზიოლოგიის გათვალისწინებით,

მჭიდროდაა დაკავშირებული ჰაერის მაქსიმალურ ტემპერატურასთან (ფრინველები ორგანიზმის მაღალი ტემპერატურის გამო ძნელად იტანენ სიცხეს). დარგი საკმაოდ მგრძობიარეა მინიმალური ტემპერატურის მიმართაც, თუმცა მეფრინველეობის ფაბრიკებში ხელოვნური კლიმატის სრული რეგულირების პირობებში ეს ფაქტორებიც შეიძლება უგულებელყოფილ იქნას, მაგრამ ენერჯის ხარჯის ფასად, რაც ესაჭიროება ჰაერის კონდიციონერებსა და გათბობას.

4.2.2. მეტყევეობა

ოფიციალური მონაცემებით, საქართველოს ტერიტორიის მესამედზე მეტი ტყითაა დაფარული. კლიმატური ელემენტებიდან ტყის ეკოსისტემები საკმაოდ მგრძობიარეა ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილების, ნალექთა საშუალო წლიური რაოდენობის ცვლილებისა და გვაღვის მიმართ, ხოლო ნაკლებად მგრძობიარეა დროის ხანმოკლე პერიოდში უხვი ნალექების მიმართ, ისევე როგორც ჰაერის სინოტივისა და სხვა მეტეოპარამეტრების მიმართ. კლიმატური ელემენტებიდან და მათთან დაკავშირებული კლიმატის რისკებიდან ტყის ეკოსისტემები ყველაზე მგრძობიარედ ჩავთვალეთ გვაღვის მიმართ, რომელსაც ბიოლოგიურ მავნებლებთან ერთად ტყის ეკოსისტემებისთვის საგრძობი ზარალის მიყენება შეუძლია, მათ შორის ტყის ხანძრების გაჩენის თვალსაზრისითაც. დიდ ზიანს აყენებს ტყეებს მეწვერიც, რომელსაც მთაგორიანი რელიეფის პირობებში შეუძლია ტყის ცალკეული ფართობების სრული განადგურება.

აქვე აღსანიშნავია, რომ მეტყევეობის, როგორც ეკონომიკის დარგის მოწვევადობა კლიმატური პარამეტრების მიმართ დიდად განისაზღვრება ტყის ეკოსისტემების ჯიშობრივი შემადგენლობით, რაც კლიმატურ ელემენტებთან ერთად მნიშვნელოვნად განაპირობებს ტყეების ხარისხს. მგრძობიარობის ინდიკატორებად ამ შემთხვევაში შეიძლება გამოდგეს ტყის სისშირე (ხეების რაოდენობა ფართის ერთეულზე), ხეების სიმაღლე, ბიომასის რაოდენობა და მისი ნაზრდი ფართის ერთეულზე, თითოეულ ჰექტარზე ტყის მარაგის ეკონომიკური ღირებულება, ჯიშობრივი შემადგენლობა, საშუალო ასაკი, ხეების სიცოცხლის ხანგრძლივობა, დაავადებათა გავრცელება, კლიმატური პირობებით გამოწვეული მიგრაციის უნარი და სხვ.

4.2.3. წყლის რესურსების მართვა

წყლის რესურსები რიგი მეტეოროლოგიური ელემენტების, და განსაკუთრებით ატმოსფერული ნალექების უშუალო ფუნქციას წარმოადგენს. ამიტომ წყლის რესურსები ძლიერ მოწვევადად შეიძლება ჩაითვალოს ატმოსფერულ ნალექებთან დაკავშირებული ყველა პარამეტრის მიმართ, აგრეთვე ისეთი კომპლექსური მოვლენების მიმართ, როგორცაა გვაღვა და წყალდიდობა. მიწისქვეშა წყლების როლის გათვალისწინებით წყლის რესურსები მგრძობიარედ ჩაითვალა აგრეთვე ნიადაგის ტენიანობისა და ჰაერის საშუალო და მაქსიმალური ტემპერატურის მიმართ, რომლებიც განაპირობებს მყინვარების ამჟამად მიმდინარე უკანდახევას, ხოლო სხვა პარამეტრების მიმართ–ნაკლებად, ან არამგრძობიარედ. თუმცა მთაგორიანი რელიეფის პირობებში დვარცოფს შეუძლია დროის გარკვეულ მონაკვეთში ლოკალური მასშტაბით მნიშვნელოვანი ზეგავლენის მოხდენა მდინარის აუზში რესურსების განაწილებზე (კალაპოტის დეფორმაცია, ჩახერგვა და სხვ.).

წყლის რესურსების მართვის, როგორც ეკონომიკის დარგის ფუნქციონირების ეფექტურობა ეკონომიკურ და პოლიტიკურ ფაქტორებთან ერთად დიდადაა განპირობებული კლიმატური რისკებითაც. თითოეული საშუალო და დიდი მდინარის აუზში ჩამონადენის დამოკიდებულება კლიმატურ პარამეტრებზე ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების ზეგავლენით ინდივიდუალური

თავისებურებებით ხასიათდება, რაც საქართველოს პირობებში აძნელებს ზოგადი კანონზომიერების დადგენას. აღნიშნული პრობლემა რთული ამოცანების გადაჭრასთანაა დაკავშირებული და ცალკე გამოკვლევის საგანს შეადგენს.

4.2.4. ჰიდროენერგეტიკა

გასული საუკუნის 80 –იან წლებში ჰიდროენერგეტიკა უზრუნველყოფდა საქართველოს ენერგომოხმარების 50 -60%-ს, ხოლო 90 –იან წლებში – 70% -ზე მეტს. წყლის რესურსებთან ამ ქვედარგის უშუალო კავშირისა და ქვეყნის ენერგეტიკაში მისი მნიშვნელოვანი წვლილის გათვალისწინებით მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ ჰიდროენერგეტიკის კლიმატურ პარამეტრებზე დამოკიდებულების ცალკე გამოყოფა. წყლის რეჟიმთან დაკავშირებულ ისეთ პარამეტრებს, როგორცაა ატმოსფერულ ნალექთა საშუალო და მაქსიმალური რაოდენობა, აგრეთვე თოვლის საფარს მაქსიმალური გავლენა ექნება ჰიდროენერგეტიკაზე. ასევე მგრძნობიარეა ეს დარგი გვალვის (წყალსაცავებიდან წყლის საირიგაციო ხარჯვის გათვალისწინებით) და წყალდიდობის (კაშხალებისთვის პოტენციური საშიშროების მხედველობაში მიღებით) მიმართ. ჰესების წყალსაცავებში აკუმულირებული წყლის რესურსების საკმაოდ ინერციულობის გამო შედარებით ნაკლები მგრძნობიარობა დაფუკავშირეთ ჰაერის მაქსიმალურ ტემპერატურასა და შედარებით ხანმოკლე უხვ ნალექებს. მგრძნობიარობის ინდიკატორებად ამ ქვესექტორში შეიძლება გამოყენებული იქნას გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა, მისი წილი ენერჯის საერთო მოხმარებაში, გამომუშავების განაწილება დროში და სხვ.

4.2.5. თბური ენერგეტიკა და მრეწველობა

სსრკ დაშლის შემდეგ პირველი 10-15 წლის მანძილზე საქართველო განიცდიდა მწვავე ენერგეტიკულ კრიზისს, რის გამოც ბოლო პერიოდში ენერგეტიკა ეკონომიკის პრიორიტეტულ დარგადაა მიხნეული. ამჟამად საქართველოში ენერგომოხმარების ნახევარზე მეტი იფარება იმპორტირებული ელექტროენერჯისა და წიაღისეული საწვავის ხარჯზე. ამის გათვალისწინებით ეკონომიკური საქმიანობის განსახილველ ბლოკში უპირველეს ყოვლისა შეფასდა ენერგორესურსების იმპორტთან და ექსპორტთან, განაწილებასთან და მოხმარებასთან დაკავშირებული საქმიანობის მგრძნობიარობა კლიმატური პარამეტრების მიმართ.

ჰაერის ექსტრემალური, და განსაკუთრებით მინიმალური ტემპერატურის მიმართ ენერგეტიკის სექტორს მაღალი მგრძნობიარობა აქვს საყოფაცხოვრებო სექტორში გასათბობად და ჰაერის კონდიციონირებისათვის ენერჯის დიდი დანახარჯების გამო. საქართველოს მთიანი რელიეფის პირობებში ენერჯის ტრანსპორტირების საშუალებებისადმი (ელექტროგადამცემი ხაზები, გაზისა და ნავთობის მილსადენები) მიყენებული ზარალისა და მათი ტექნიკური მომსახურების სიძნელეთა გათვალისწინებით სექტორის მაღალი მგრძნობიარობა შეეფარდა აგრეთვე უხვ ნალექებთან (დიდთოვლობა) დაკავშირებულ მოვლენებს, ხოლო მინიმალური – ქარსა და ელჭექთან.

მრეწველობის სექტორში, საქართველოს ეკონომიკის აგრარული დარგების პერსპექტიულობის გათვალისწინებით, მაღალი მგრძნობიარობა აქაც შევუფარდეთ ატმოსფერულ ნალექებთან დაკავშირებულ პარამეტრებს. ამ თვალსაზრისით უპირველეს ყოვლისა ყურადღება გამახვილდა გადამამუშავებელ და კვების მრეწველობაზე, რომელიც უშუალოდაა დაკავშირებული სასოფლო-სამეურნეო წარმოებასთან. მრეწველობის სხვა დარგების მოწყვლადობა კლიმატური პარამეტრების მიმართ შეფასდა როგორც სუსტი, რადგანაც ეს დარგები ძირითადად ენერგეტიკულ ფაქტორებზეა დამოკიდებული.

მგრძნობიარობის/მოწყვლადობის ინდიკატორებად განხილულ სექტორებში შეიძლება მიღებულ იქნას მოხმარებული ენერჯის რაოდენობრივი კავშირები

ჰაერის ტემპერატურაზე და ატმოსფერულ ნალექებზე დამოკიდებულ მოვლენებთან, გადამამუშავებელი და კვების მრეწველობის მიერ წარმოებული პროდუქციის რაოდენობისა და ხარისხის ფაქტობრივი კავშირები სეზონის განმავლობაში მოსულ ნალექებთან და მათ შიდასეზონურ განაწილებასთან და სხვ.

4.2.6. ტრანსპორტი

გასული საუკუნის 90 –იანი წლების მეორე ნახევრიდან ტრანსპორტი საქართველოს ეკონომიკის ერთ – ერთ ყველაზე დინამიკურ განვითარებად დარგს წარმოადგენს, რაც განსაკუთრებით შეეხება საავტომობილო ტრანსპორტს. ამ უკანასკნელის საავტომობილო გზებსა და საუღელტეხილო მონაკვეთებზე დამოკიდებულების გათვალისწინებით მაქსიმალური მგრძობიარობა შეეფარდა წყალდიდობას, ღვარცოფსა და თოვლის საფარს, საშუალო მგრძობიარობა – უხვ ნალექებს და სუსტი – ქარს, ღრუბლიანობას, სეტყვასა და ელჭექს (საჰაერო ტრანსპორტი). ჰაერის ტემპერატურული მახასიათებლების მიმართ დარგის მგრძობიარობა უმნიშვნელოდ იქნა ჩათვლილი. ზღვის სანაპირო ზონაში ზღვის დონის აწევის შედეგად სატრანსპორტო მაგისტრალების მიმართ საფრთხის შესაძლო გაჩენის გათვალისწინებით ტრანსპორტის მგრძობიარობა ამ მოვლენის მიმართ საშუალოდ იქნა შეფასებული. აქ გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ეს შეფასება ეხება მხოლოდ სანაპირო ზოლში გამავალ მაგისტრალებს, რომელთაგან ზღვის უშუალო მახლობლობაში გამავალი მონაკვეთების საერთო სიგრძე შეადგენს დაახლოებით 35 კმ (რკინიგზა) და 45 კმ (სახელმწიფო მნიშვნელობის ავტომაგისტრალები).

4.2.7. კომუნალური მეურნეობა

ეკონომიკის ეს დარგი ძირითადად ეხება დიდი და საშუალო ქალაქების ინფრასტრუქტურას, სადაც საქართველოს მოსახლეობის 75%-ია თავმოყრილი და იგი საკმაოდ მგრძობიარეა მთელი რიგი კლიმატური პარამეტრების მიმართ. კერძოდ, ყველაზე მგრძობიარედ იგი შეიძლება ჩაითვალოს უხვი ნალექებისა და წყალდიდობების მიმართ, რომელიც იწვევს ქუჩების დატბორვასა და ქალაქის ინფრასტრუქტურის მოშლას, აგრეთვე თოვლის საფარის მიმართ, რაც გამოიხატება დიდთოვლობის დროს ტრანსპორტის ფუნქციონირების გართულებით. საკმაოდ მგრძობიარეა ქალაქის ინფრასტრუქტურა ჰაერის ექსტრემალური ტემპერატურების (გათბობა და კონდიციონირება), მდინარეული ჩამონადენის (წყალმომარაგება) მიმართაც, ხოლო ზღვისპირა ქალაქებში – ზღვის დონის აწევის მიმართ. სათანადო ტექნიკური სამსახურების გამართული მუშაობის პირობებში დარგი ნაკლებად მგრძობიარედ ჩაითვალა ქარისა და ელჭექის მიმართ.

4.2.8. ტურიზმი

საქართველოს მდიდარი კლიმატური რესურსები განაპირობებს ქვეყანაში ტურიზმისა და რეკრეაციული ინდუსტრიის მაღალ პოტენციალს, რომელიც სათანადო მასშტაბით ამჟამად რეალიზებულია ძირითადად შავი ზღვის სანაპირო ზოლის ზოგიერთ უბანში, ბორჯომისა და არაგვის ხეობების ცალკეულ ადგილებში. მომავალში ამ დარგის განვითარების დიდი პერსპექტივების გათვალისწინებით მიზანშეწონილია კლიმატური პარამეტრების მიმართ მისი შეფასებაც. დარგის ძლიერი მგრძობიარობა ჩვენ შევუფარდეთ ჰაერის ექსტრემალურ ტემპერატურებს (ძლიერი ყინვები და სიცხეები), უხვ ნალექებს და მათთან დაკავშირებულ წყალდიდობებსა და ღვარცოფს (დარგის ობიექტებისთვის მიყენებული ზარალი), აგრეთვე თოვლის საფარს, რომლის არსებობა-არარსებობა და მისი პარამეტრები გადამწყვეტ როლს ასრულებენ სამთო – სათხილამურო კურორტების ფუნქციონირებაში. საშუალო მგრძობიარობა შეეფარდა ჰაერის ტემპერატურისა და ნალექთა საშუალო მნიშვნელობებს, აგრეთვე ჰაერის

სინოტივესა და ატმოსფერულ წნევას, ქარს, ღრუბლიანობას, გვალვას, ჰაერის სინოტივესა და ატმოსფერულ წნევას (ზემოქმედება ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე) ხოლო სუსტი - სეტყვასა და ელჭექს. დარგი არამგრძობიარედ ჩავთვალეთ მხოლოდ ნიადაგის ტენიანობის მიმართ, თუმცა გარკვეულწილად იგი მაინც მოქმედებს ტურისტებისა და დამსვენებელთა ადგილობრივი სასოფლო – სამეურნეო პროდუქციით მომარაგებაზე.

4.2.9. მშენებლობა

სამშენებლო ინდუსტრიის მოწვევადობა კლიმატური ელემენტების მიმართ ორი კუთხით უნდა იქნას განხილული. ყველაზე ნაკლებად მგრძობიარედ განიხილება თვით მშენებლობის პროცესი. მშენებარე ობიექტებისთვის წყალდიდობებისგან შესაძლო ზარალის მიყენების გათვალისწინებით ამ კლიმატურ რისკ-ფაქტორს საშუალო მგრძობიარობა შეიძლება შეეფარდოს. მაღალი ამწე-კომპერებისთვის ძლიერი ქარისგან არსებული გარკვეული საშიშროების გამო ეს დარგი სუსტად, მაგრამ მაინც მგრძობიარეა ამ პარამეტრის მიმართ, ისევე როგორც უხვი ნალექების (სამშენებლო მეურნეობის ზარალი) მიმართ.

რაც შეეხება ამ დარგის განხილვას ასაგები ობიექტების (საცხოვრებელი სახლები, საოფისე ნაგებობები, საწარმოო და სხვა დანიშნულების შენობები) დაგეგმარებისა და კონსტრუქციის კუთხით, მისი დამოკიდებულება კლიმატურ პარამეტრებზე საკმაოდ სერიოზულია. დარგი მგრძობიარეა ჰაერის სამივე ტემპერატურული მახასიათებლის, ნალექთა საშუალო რაოდენობის ცვლილების, ჰაერის სინოტივისა და ქარის მიმართ, აგრეთვე თოვლის ზეგების, წყალ-დიდობების, ღვარცოფისა და მეწყერის მიმართ.

4.2.10. სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა

შავი ზღვის სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს საქართველოს ეკონომიკის ფუნქციონირებაში (ფოთის, ბათუმისა და სოხუმის პორტები, სუფსისა და ყულევის ნავთობტერმინალები, ქობულეთი-ურეკის, ანაკლიისა და აფხაზეთის რეკრეაციული ზონები, სუბტროპიკული კულტურების წარმოება და სხვ.). კოლხეთის დაბლობის პირობებში წყალუხვი მდინარეების ჩამონადენის, კავკასიონისა და მესხეთის ქედის ფერდობების ატმოსფერულ პროცესებზე ზეგავლენის, ზღვის დონის გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებული თანდათანობითი აწევისა და ხმელეთის ტექტონიკური მოძრაობების გათვალისწინებით მნიშვნელოვანია ეკონომიკის ამ სექტორის კლიმატური პარამეტრების მიმართ მგრძობიარობის შეფასება. სექტორის მაქსიმალური მგრძობიარობა დაეუკავშირეთ ჰაერის მინიმალურ ტემპერატურას (სუბტროპიკული კულტურების დაზიანება), უხვ ნალექებსა და წყალდიდობას (რაც აქტუალურია როგორც კოლხეთის დაბლობისათვის, ასევე სანაპირო ზონის ჩრდილო და სამხრეთი ნაწილების მთიანი რელიეფისთვის წყალმოვარდნის სახით), ხოლო საშუალო – ღვარცოფს (საშიშროება ხეობებში განლაგებული ობიექტებისთვის), აგრეთვე თოვლის საფარს, რომელიც უხვი ნალექების შემთხვევაში ართულებს სატრანსპორტო მიმოსვლას, განსაკუთრებით ზონის მთაგორიან ნაწილში. შავ ზღვასთან უშუალო სიახლოვის გამო განხილული სისტემა ნაკლებ მგრძობიარედ ჩავთვალეთ ჰაერის საშუალო და მაქსიმალური ტემპერატურის, ნალექთა ცვალებადობისა და სხვა კლიმატური პარამეტრების, მათ შორის ელჭექის მიმართ, რომელსაც სანაპირო ზოლში ადგილი აქვს წლის ყველა სეზონში. როგორც ცნობილია, ზღვის სიახლოვე, მისი დიდი თერმული ინერციის გამო, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტემპერატურასთან და ნალექებთან და-

კავშირებული პარამეტრების კლიმატური ამპლიტუდის სტაბილობის შენარჩუნებაზე.

განხილულ პარამეტრებთან ერთად ზღვის სანაპირო ზონის, განსაკუთრებით კოლხეთის დაბლობის ინფრასტრუქტურა მეტად მგრძობიარეა გლობალური კლიმატის ცვალებადობასთან დაკავშირებული ისეთი მოვლენის მიმართ, როგორცაა ზღვის დონის აწევა. ეს ფაქტორი განსაკუთრებით გასათვალისწინებელია სანაპირო ზონის მოწყვლადობის ჯამურ შეფასებებში.

4.2.11. მეთევზეობა

შავი ზღვის სანაპირო ზოლის სიგრძე საქართველოს ფარგლებში 300 კმ-ს აღემატება, ასე რომ ქვეყანას საკმაოდ პოტენციური გააჩნია მეთევზეობის განვითარებისთვის და თუ დღეს მეთევზეობის წილი ეკონომიკური საქმიანობის საერთო მოცულობაში უმნიშვნელოა, ეს არ ნიშნავს მომავალში მისი როლის სერიოზული გაზრდის შეუძლებლობას. გარდა საზღვაო მეთევზეობისა, ამ დარგში გასათვალისწინებელია სატბორე მეთევზეობის სექტორიც, რომელიც გაცილებით უფრო მოწყვლადია კლიმატური პარამეტრების მიმართ, ვიდრე საზღვაო მეთევზეობა. ამიტომ განსახილველ სვეტში გაკვირვებას არ უნდა იწვევდეს მგრძობიარობის ცალკეული ბალი, რომელიც მიეკუთვნება მხოლოდ სატბორე სექტორს. ამ შენიშვნის გათვალისწინებით დარგი მაქსიმალურად მგრძობიარედ უნდა ჩაითვალოს საშუალო და უხვი ნალექების, წყალდიდობის, დვარცოფისა და გვალვის მიმართ, რაც უშუალოდ განაპირობებს სატბორე მეურნეობების წყალმომარაგებასა და უსაფრთხო ფუნქციონირებას. დარგი მინიმალურადაა მგრძობიარე ჰაერის ტემპერატურული მაჩვენებლების მიმართ, რაც გარკვეულწილად დაკავშირებულია ზღვის ზედაპირის ტემპერატურასთან (საზღვაო მეთევზეობა). სხვა პარამეტრების მიმართ დარგი პრაქტიკულად არაა მგრძობიარე.

4.2.12. ჯანდაცვა

ადამიანის ორგანიზმის მაღალი ადაპტაციის უნარის გათვალისწინებით აღნიშნული დარგი განსაკუთრებით მგრძობიარედ შეიძლება იქნას განხილული კლიმატური ელემენტების ექსტრემალური მნიშვნელობების მიმართ: ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურები ზოგჯერ იწვევენ სიცხურ შოკს (განსაკუთრებით დიდ ქალაქებში), ხოლო მინიმალური ტემპერატურები – გაცივებასა და მასთან დაკავშირებულ მთელ რიგ დაავადებებს. ძლიერ მგრძობიარეა დარგი ჰაერის სინოტივის მიმართაც, რომლის მაღალი მნიშვნელობებისკენ გადახრები უარყოფითად მოქმედებს რესპირატორულ სისტემაზე. ასევე ძლიერ მგრძობიარედ ჩაითვალა სექტორი კიდევ ორი ექსტრემალური პარამეტრის – გვალვისა და წყალდიდობის მიმართ, რომლებიც იწვევენ წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების შეფერხებასა და მოშლას, ამას კი, როგორც წესი, თან სდევს მოსახლეობაში ინფექციურ დაავადებათა გავრცელება. საშუალო მგრძობიარობა დაეუკავშირეთ ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილებასა და ქარს, რომლებიც გარკვეულწილად მოქმედებენ მოსახლეობის, განსაკუთრებით მისი ხანდაზმული ნაწილის ჯანმრთელობაზე. მინიმალური მგრძობიარობა, ზღვის დონის აწევასთან დაკავშირებით დაჭაობებულ ტერიტორიებზე ინფექციურ დაავადებათა არეალის შესაძლო გაფართოების გათვალისწინებით, შეეფარდა ატმოსფერულ ნალექთა მაჩვენებლებს, წნევასა და ღრუბლიანობას, ხოლო ნულოვანი მგრძობიარობა ნიადაგის ტენიანობას, სეტყვასა და ელტექს, რომლებიც, ჩვენი აზრით, აღნიშნულ პირობებში უშუალოდ უმნიშვნელოდ მოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

4.2.13. ნარჩენების მართვა

დარგი მოიცავს სოფლის მეურნეობიდან, მრეწველობიდან და მოსახლეობიდან, განსაკუთრებით მსხვილ ქალაქებში წარმოქმნილი ნარჩენების მართვას. ეს სექტორი განსაკუთრებით მგრძობიარეა ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურის (ღობობადი დაშლის დაჩქარება), უხვი ნალექებისა და წყალდიდობის მიმართ, რომელთაც შეუძლია ნარჩენების განთავსების ადგილების წალეკვა და მათი არასასურველი გავრცელება გარემოში. ნაკლებ მგრძობიარეა ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილების, ქარისა და ღვარცოფის მიმართ, რომელთაგან პირველი ორი განაპირობებს ნარჩენების დაშლის პროცესის სიჩქარეს, ქარი – მათ გავრცელებას გარემოში, ხოლო ღვარცოფს, ისევე როგორც წყალდიდობას, შეუძლია მათი განთავსების ადგილის დაზიანება ან განადგურება. თუმცა აღსანიშნავია, რომ ღვარცოფს ადგილი აქვს მხოლოდ მთაგორიანი რელიეფის პირობებში, რაც მსხვილი დასახლებებისთვის მის ზემოქმედებას საკმაოდ იშვიათად აქცევს. დანარჩენი კლიმატური პარამეტრების მიმართ აღნიშნული დარგი უმნიშვნელოდ მგრძობიარედ იქნა ჩათვლილი, თუ არ მივიღებთ მხედველობაში იმ გამონაკლის შემთხვევებს, როცა ნაგავსაყრელი განთავსებულია უშუალოდ ზღვის სანაპირო ზოლის სიახლოვეში და მისი დონის აწევის შედეგად შეიძლება მოხდეს გარემოს საგრძობი დაჭუჭყიანება.

4.3. საქართველოს ეკონომიკის ცალკეული დარგების მოწყვლადობა კლიმატური პარამეტრების მიმართ

ცხრილში 3.5.1. თითოეული რეგიონისთვის მოყვანილია ეკონომიკის ყველაზე მოწყვლადი სექტორები, რომლებისთვისაც უპირველესად ყოვლისა გამიზნულია შემოთავაზებული საადაოტაციო ღონისძიებები. ამასთან დაკავშირებით, გარკვეული პრაქტიკული ღირებულება გააჩნია საქართველოს ეკონომიკის ცალკეული დარგების, როგორც ანტროპოგენული სისტემების, მეტეოროლოგიური ელემენტებისა და მათთან დაკავშირებული ექსტრემალური მოვლენების (კლიმატური რისკების) მიმართ მგრძობიარობის შეფასებას. ეს შეფასებები ჩატარდა ნაშრომში [36] მოყვანილი ცხრილის გათვალისწინებით, რომელიც დამუშავდა ავსტრალიის ერთ-ერთი რეგიონის კონკრეტული პირობებისთვის. შედგენილ იქნა მგრძობიარობის ხარისხობრივი შეფასების მატრიცა რომელშიც ზემოთ მოყვანილი შეფასებების ანალოგიურად მიღებულია 4-ბალიანი სისტემა: 3-ძლიერი მგრძობიარობა, 2-საშუალო, 1-სუსტი მგრძობიარობა, 0-მგრძობიარობის არარსებობა. ამ სისტემით საქართველოს ეკონომიკის ცალკეული დარგებისა და ქვედარგებისთვის ჩვენს მიერ მიღებული საექსპერტო შეფასების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 4.3.1.

ამ ცხრილის განხილვისას მხედველობაში მისაღებია ის გარემოება, რომ იგი ასახავს ეკონომიკის აღნიშნული დარგების საორიენტაციო მოწყვლადობის ხარისხს შერჩეულ მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან და მათთან დაკავშირებულ კლიმატურ რისკებთან კავშირში. მასში არაა გათვალისწინებული დარგების მახასიათებელი რაოდენობრივი ეკონომიკური პარამეტრები (წილი მშპ-ში, განვითარების ტრენდი და სხვ.), დარგებზე მოქმედი სოციალური პარამეტრები, პოლიტიკური ფაქტორები და მგრძობიარობის/ მოწყვლადობის განმაპირობებელი სხვა ელემენტები.

ცალკეული მეტეოროლოგიური ელემენტის, ან კლიმატთან დაკავშირებული რისკის საქართველოს ეკონომიკაზე ჯამური ზემოქმედების საორიენტაციო შეფასებისათვის ქულები აიჯამა ჰორიზონტალურად, ხოლო ეკონომიკის ცალკეული დარგის კლიმატური პარამეტრების მიმართ მგრძობიარობის ჯამური შეფასებისთვის აჯამვა მოხდა ვერტიკალურად.

ცხრილში მოყვანილი შეფასებები შეიძლება გაანალიზდეს ორი კუთხით: ქვეყნის ეკონომიკის ცალკეულ დარგზე კლიმატური პარამეტრების ჯამური ზემოქმედების განხილვით და ეკონომიკის ცალკეული დარგების კლიმატური პარამეტრების მიმართ ჯამური მგრძობიარობის გათვალისწინებით.

პირველი მიდგომით, ცხრილში 4.3.1 მოყვანილი თითოეული მეტეოროლოგიური ელემენტისა და კლიმატური რისკის ჯამური ინდექსები, ანუ ეკონომიკის დარგებზე მათი ზემოქმედების მაჩვენებლები პირობითად შეიძლება დაიყოს 3 ჯგუფად: კლიმატური პარამეტრის მიმართ ეკონომიკის მაღალი მგრძობიარობა (ქულების ჯამური მნიშვნელობა 36 – 30), საშუალო (29 - 15) და სუსტი მგრძობიარობა (14 - 0). ამ მიდგომით კლიმატური პარამეტრებისა და მათთან დაკავშირებული მოვლენების კლასიფიკაციის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 4.3.2.

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ საქართველოს ეკონომიკის დარგების შერჩეული ჯგუფი ყველაზე მგრძობიარედ შეიძლება ჩაითვალოს გვალვის, უხვი ნალექებისა და მათთან დაკავშირებული წყალდიდობების, აგრეთვე ჰაერის მინიმალური ტემპერატურის მიმართ, ხოლო მინიმალური მგრძობიარობით იგი ხასიათდება ატმოსფერული წნევისა და ელჭექის მიმართ.

მეორე მიდგომით, ცხრილი 4.3.1-ში ეკონომიკის ცალკეული დარგის მგრძობიარობის შეფასება კლიმატური პარამეტრების ჯამური ზემოქმედების მიმართ პირობითად ასევე შეიძლება დაიყოს 3 კატეგორიად – მაღალი (მგრძობიარობის ჯამური ქულა 37 – 26), საშუალო (25 – 16) და სუსტი (15 – 0). ამ შეფასებების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 4.3.3.

ცხრილებში 4.3.1 და 4.3.3 მოყვანილი შეფასებების თანახმად, საქართველოს ეკონომიკის შერჩეული დარგებიდან კლიმატური პარამეტრების (ჯამურ ინდექსზე დაყრდნობით) მიმართ ყველაზე მგრძობიარედ შეიძლება ჩაითვალოს ტურიზმი, ჯანდაცვა, კომუნალური მეურნეობა და სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა, ხოლო მინიმალური მგრძობიარობით ხასიათდება ნარჩენების მენეჯმენტი და მეფრინველეობა.

ამრიგადგანხილული შეფასებების თანახმად, საქართველოს ეკონომიკის ძირითადი დარგების მაღალი და საშუალო მგრძობიარობა შეეფარდება ჰაერის ტემპერატურასთან (გვალვა, მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო ტემპერატურა) და ატმოსფერულ ნალექებთან (უხვი ნალექი, წყალდიდობა, თოვლის საფარი, ნალექთა საშუალო რაოდენობა, ღვარცოფი, მეწყერი) დაკავშირებულ ელემენტებსა და მოვლენებს. ამიტომ ადაპტაციისა და მოწყვლადობის პრობლემების განხილვისას მთავარი ყურადღება უნდა დაეთმოს ჰაერის ტემპერატურასა და ატმოსფერული ნალექების კლიმატის გლობალურ ცვლილებასთან დაკავშირებულ ცვალებადობას. ამავე დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნას ეკონომიკის ცალკეული დარგების ადაპტაციის უნარი ზემოთ ხსენებული კლიმატური ელემენტების მოსალოდნელი/შესაძლო ცვალებადობის მიმართ, ყურადღების განსაკუთრებული გამახვილებით ქვეყნისათვის პრიორიტეტულად მიჩნეულ ეკონომიკის დარგებზე.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოთ მოყვანილ განხილვაში არ შევიდა ეკონომიკის ისეთი დარგები, რომლებიც არ არის (ან თითქმის არ არის) დამოკიდებული კლიმატურ რისკებზე (მანქანათმშენებლობა, მეტალურგია, სამთო-მომპოვებელი მრეწველობა, ქიმიური მრეწველობა, სამშენებლო მასალების წარმოება და სხვ.).

ცხრილი 4.3.1. ეკონომიკის ცალკეული დარგების მგრძობიარობის მატრიცა კლიმატური ელემენტებისა და მათთან დაკავშირებული მოვლენების მიმართ

№	ეკონომიკის დარგი	სოფლის მეურნეობა						მეტყველება	წყლის რესურსების	ჰიდროენერგეტიკა	თბური ენერგეტიკა და მრეწველობა	ტრანსპორტი	კომუნალური მეურნეობა	ტურიზმი	მშენებლობა	სანაპ. ზონის ინფრასტრუქტურა	მეთევზეობა	ჯანდაცვა	ნარჩენების მართვა	მეტეოროლოგიური ელემენტებისა და კლიმატური რისკების ჯამური ინდექსი
		მემარცვლელობა	მეგენახეობა	მეციტრუსეობა	მეზაიეობა	მეცხოველეობა	მეფრინველეობა													
	მეტეოროლოგ. ელემენტი																			
1	ჰაერის საშ. ტემპერატურა	2	2	2	3	3	1	2	2	0	0	0	2	2	1	1	2	1	26	
2	ჰაერის მაქს. ტემპერატურა	2	1	1	2	2	3	1	2	2	2	0	2	3	2	1	1	3	3	32
3	ჰაერის მინ. ტემპერატურა	1	1	3	1	2	2	0	0	0	3	0	2	3	2	3	1	3	0	27
4	ნალექთა საშ. რაოდენობა	3	3	2	2	2	0	2	3	3	3	0	1	2	1	1	3	1	1	33
5	ჰაერის სინტივე	2	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	2	1	1	0	3	0	15
6	ქარი	2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	0	2	1	16
7	ატმოსფერული წნევა	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	3
8	ღრუბლიანობა	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	11
9	ნიადაგის ტენიანობა	3	3	2	3	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	18
10	ელჭექი	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	6
11	უხვი ნალექები	2	2	1	1	1	0	0	3	3	2	2	3	3	1	3	2	1	3	33
12	სეტყვა	2	3	1	1	1	0	1	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	13
13	თოვლის საფარი/ზვავები	2	2	1	1	2	0	0	3	3	3	3	3	3	1	2	0	1	0	30
	კლიმატური რისკი																			
14	გვაღვა	3	3	2	2	3	1	3	3	3	3	0	2	2	0	1	2	3	0	36
15	წყალდიდობა	0	1	1	0	1	0	0	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	34
16	ღვარცლოვი	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2	3	3	3	1	2	3	2	1	24
17	მეწყერი	0	0	0	0	0	0	3	2	2	2	3	2	3	1	1	0	1	0	20
18	ზღვის დონის ცვლილება	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	3	0	1	0	9
	დარგის საერთო მგრძობ.	2	26	19	19	23	7	14	25	22	24	22	27	37	15	26	16	28	13	

ცხრილი 4.3.2. ეკონომიკის განხილული დარგების ჯგუფის მგრძობიარობის შეფასება კლიმატური პარამეტრების მიმართ

ეკონომიკის დარგების განხილულ ჯგუფზე კლიმატური პარამეტრების ზემოქმედების ხარისხი (ჯამური ინდექსების საფუძველზე)	მეტეოროლოგიური ელემენტები და კლიმატური რისკები
მაღალი (36 - 30)	გვალვა წყალდიდობა უხვი ნალექები ნალექთა საშუალო რაოდენობა ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურა თოვლის საფარი/ზვავები
საშუალო (29 -15)	ჰაერის მინიმალური ტემპერატურა ჰაერის საშუალო ტემპერატურა ღვარცოფი მეწყერი ნიადაგის ტენიანობა ქარი ჰაერის სინოტივე
სუსტი (14 - 0)	სეტყვა ღრუბლიანობა ზღვის დონის ცვლილება ელჭექი ატმოსფერული წნევა

ცხრილი 4.3.3. ეკონომიკის ცალკეული დარგების მგრძობიარობის შეფასება კლიმატური პარამეტრების ჯამური ზემოქმედების მიმართ

კლიმატური პარამეტრების ჯამური ინდექსი	ეკონომიკის დარგები და ქვედარგები
მაღალი (37 - 26)	ტურიზმი ჯანდაცვა კომუნალური მეურნეობა სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა მევენახეობა
საშუალო (25 -16)	მემარცვლეობა წყლის რესურსების მართვა ჰიდროენერგეტიკა თბური ენერგეტიკა და მრეწველობა მეცხოველეობა ტრანსპორტი მეცენტრუსეობა მეჩაიეობა მეთევზეობა
დაბალი (15 - 0)	მშენებლობა მეტყვეობა ნარჩენების მართვა მეფრინველეობა

4.4. ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობა კლიმატური რისკების მიმართ

მეტეოროლოგიური ელემენტებისა და კლიმატური რისკების მიმართ საქართველოს ეკონომიკის ცალკეული დარგების მგრძობიარობის შეფასებასთან ერთად მიზანშეწონილად მიგვაჩნია იგივე 4-ბალიანი სისტემით საორიენტაციოდ შევაფასოთ კლიმატური რისკების მიმართ საქართველოს ძირითადი ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობა. მოცემულ შეფასებებში არ არის გათვალისწინებული განხილული სისტემების შესაძლო განვითარების სცენარები.

ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობის შეფასების მატრიცა მოცემულია ცხრილში 4.4.1. ამ ცხრილში ბუნებრივი ეკოსისტემების ჩამონათვალი აღებულია IPCC მიღებული კლასიფიკაციის გათვალისწინებით, ხოლო მეტეოროლოგიური მოვლენები და მათთან დაკავშირებული კლიმატური რისკები შეესაბამება ცხრილში 4.4.1 განხილულ მოვლენებს.

ცხრილი 4.4.1. კლიმატური რისკების მიმართ ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობის მატრიცა

№	ბუნებრივი ეკოსისტემა	კლიმატური რისკი	ტყეები	საძოვრები და სათიბები	ნახევრადუდაბნოები	მთის ეკოსისტემები	ზღვის სანაპირო ზონა	წყლის რესურსები	კლიმატური რისკის ჯამური ინდექსი
			2	3	3	2	0	3	13
1	გვალვა		2	3	3	2	0	3	13
2	უხვი ნალექები		0	2	1	1	3	3	10
3	წყალდიდობა		1	1	1	1	3	3	10
4	თოვლის ზვავები		1	0	0	2	0	0	3
5	ღვარცოფი		1	0	0	2	0	1	4
6	მეწყერი		2	1	0	2	1	2	8
7	წაყინვა		0	0	0	0	3	0	3
6	სეტყვა		0	0	0	0	0	0	0
9	ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილება დროის ხანგრძლივ პერიოდში (ათწლეული, საუკუნე)		3	3	2	3	3	3	17
10	ზღვის დონის ცვლილება		0	0	0	0	3	0	3
	ეკოსისტემის მგრძობიარობა	ჯამური	10	10	7	13	16	15	

ამ ცხრილის მიხედვით, ცალკეული რისკ-ფაქტორისა და ცალკეული ეკოსისტემისათვის ჩატარებული ჯამური შეფასებების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ მიღებული დაშვებების ფარგლებში განხილული კლიმატური რისკების მიმართ ყველაზე მაღალი მგრძობიარობით გამოირჩევა ზღვის

სანაპირო ზონა და წყლის რესურსები, ხოლო ბუნებრივი ეკოსისტემების უმეტესობა ჯამში მაქსიმალურ მგრძობიარობას იჩენს ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ხანგრძლივპერიოდური ცვლილების მიმართ, რაც შეესაბამება კიდევ კლიმატის გლობალური ცვლილების პრობლემის შინაარსს. ამის შემდეგ მეორე ადგილზეა გვაღვა, რომლის გამანადგურებელ ზემოქმედებას განიცდის თითქმის ყველა ბუნებრივი ეკოსისტემა ზღვის სანაპირო ზონის გარდა. მინიმალურ მგრძობიარობას ბუნებრივი ეკოსისტემები იჩენენ სეტყვის და აგრეთვე თოვლის ზვავების, წაყინვისა და ზღვის დონის ცვლილების მიმართ. ეს აიხსნება სეტყვის, როგორც ლოკალური მოვლენის, ეკოსისტემებზე ზემოქმედების მცირე მასშტაბით, ხოლო დანარჩენ სამ მოვლენასთან მიმართებაში მოქმედებს განხილული ეკოსისტემების ბუნებრივი ადაპტაციის მექანიზმი.

4.5. ძირითადი შედეგები

1. სხვადასხვა კლიმატური რისკები განსხვავებული სიახლოვითაა დაკავშირებული ძირითად მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან. ჩატარებული საექსპერტო შეფასებების თანახმად, განხილული 8 კლიმატური რისკის წარმოქმნაში 10 მეტეოროლოგიური პარამეტრიდან ყველაზე დიდი წვლილი შეაქვს ნალექთა რაოდენობას, თოვლის საფარს და ჰაერის საშუალო ტემპერატურას. რისკების წარმოქმნაში მინიმალური წვლილი შეაქვს ელჭექს, ქარსა და ღრუბლიანობას.
2. კლიმატური ელემენტების ცვლილების მიმართ საქართველოს ეკონომიკის 13 ძირითადი დარგის მოწვევადობის ხარისხობრივმა შეფასებამ აჩვენა, რომ კლიმატური რისკებიდან განხილული დარგების ჯამურ მოწვევადობაზე უდიდეს გავლენას ახდენს გვაღვა და წყალდიდობა, რომლებიც დაკავშირებულია ნალექთა საშუალო რაოდენობის ცვალებადობასთან და, მათ შორის, უხვ ნალექებთან. ეკონომიკის დარგების ჯამურ მოწვევადობაში მინიმალური წვლილი შეაქვს ატმოსფერულ წნევას, ელჭექს და ზღვის დონის ცვლილებას. კლიმატური რისკების ჯამური ზემოქმედების მიმართ ეკონომიკის დარგებიდან უდიდესი მოწვევადობით ხასიათდება ტურიზმი, ჯანდაცვა, ზღვის სანაპირო ზონისა და წყლის რესურსების მართვა, სოფლის მეურნეობის ცალკეული დარგები და კომუნალური მეურნეობა, ხოლო ყველაზე დაბალი მოწვევადობით – მშენებლობა, მეტყვევობა და ნარჩენების მართვა.
3. კლიმატური რისკების მიმართ საქართველოს ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობის ხარისხობრივმა შეფასებამ აჩვენა, რომ განხილული 10 სახის კლიმატური რისკიდან ექვსივე გაანალიზებული ეკოსისტემა ყველაზე მგრძობიარეა დროის ხანგრძლივ პერიოდში ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილების მიმართ, ხოლო ყველაზე ნაკლებად მგრძობიარეა სეტყვის, თოვლის ზვავების, წაყინვისა და ზღვის დონის ცვლილების მიმართ.

ლიტერატურა

1. Jones R., Boer R. Assessing current climate risks. In: Adaptation Policy Frameworks for Climate Change. UNDP, 2005, pp.91-117.

თავი 5. საქართველოში კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის პოლიტიკის საკითხები

5.1 კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა საქართველოში

საქართველოში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის დარგში გადადგმულ პირველ ნაბიჯს წარმოადგენდა 1995 წლის დეკემბერში კლიმატის ცვლილების ეროვნული პროგრამის დამტკიცება, რომლის შესრულების პირველი შედეგების გათვალისწინებით 1997-1999 წწ. პერიოდში გაეროს განვითარების პროგრამის (UNDP) და გლობალური გარემოს დაცვის ფონდის (GEF) ხელშეწყობით ქვეყანამ მოამზადა თავისი პირველი ეროვნული შეტყობინება [1].

ამ დოკუმენტის წარდგენის შემდეგ UNDP/GEF დახმარებით 1999-2003 წლებში საქართველოში კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებით შესრულდა კიდევ 4 პროექტი, რომელთა განხორციელებაში აქტიურად მონაწილეობდნენ საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, ენერჯეტიკის სამინისტრო, სხვადასხვა კვლევითი ინსტიტუტები და სხვა ორგანიზაციები. ამასთან ერთად, მომდევნო წლებში UNDP/GEF ხელშეწყობით შესრულდა საკმაოდ მასშტაბური 3 პროექტი განახლებადი ენერჯეტიკული რესურსების ათვისებაზე ადგილობრივი ენერგომომარაგების მიზნით, აგრეთვე ევროკომისიის დახმარებით განხორციელებული პროექტი ქვეყანაში სუფთა განვითარების მექანიზმის (CDM) განვითარების ხელშესაწყობად (2004-2006). ენერგოეფექტურობის დარგში რამდენიმე პროექტი შესრულდა ენერგოეფექტურობის ცენტრში, აგრეთვე მთელი რიგი არასამთავრობო ორგანიზაციების მიერ.

2009 წლისთვის კლიმატის ცვლილების კონვენციის მოთხოვნათა შესაბამისად საქართველოში ჩატარებული სამუშაოები შეჯამებულია ქვეყნის მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში [2], რომელშიაც სათბურის გაზების ინვენტარიზაციასთან ერთად დეტალურადაა განხილული საქართველოს 3 შერჩეული რეგიონის მოწყვლადობა კლიმატის უკვე დაფიქსირებული და 2100 წლამდე პროგნოზირებული ცვლილების მიმართ, დაგეგმილი საადაპტაციო ღონისძიებები და სათბურის გაზების ემისიების შესამცირებლად შემოთავაზებული ქმედებები. გარდა ამისა, გამოიცა 2 მეთოდური სახელმძღვანელო და 2 ბიულეტენი, რომლებშიც დეტალურადაა განხილული მეორე შეტყობინების ფარგლებში ჩატარებული ცალკეულ გამოკვლევათა შედეგები.

ამრიგად, ბოლო 12 წლის მანძილზე საქართველოში მუშაობა წარმოებდა როგორც კონვენციის მიმართ ძირითადი ვალდებულებების შესრულების ფარგლებში (ეროვნულ შეტყობინებათა მომზადება, სათბურის გაზების ინვენტარიზაციის ჩატარება, კონვენციის მე-6 მუხლის – საზოგადოებრივი ცნობიერების ამაღლება), ასევე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის სხვა ძირითადი მიმართულებებით: ენერგოეფექტურობა, განახლებადი ენერჯეტიკული რესურსების ათვისება, სუფთა განვითარების მექანიზმის დანერგვა, საადაპტაციო პოლიტიკის განხორციელება. გარდა ამისა, მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში მომზადდა 14 საპროექტო წინადადება, რომელთაგან 10 გამიზნულია საქართველოს სამივე შერჩეულ რეგიონში და დარიალის ხეობაში კლიმატის ცვლილების მიმართ საადაპტაციო ღონისძიებათა ჩასატარებლად, ხოლო 4 – ქარის ენერჯეტიკული პოტენციალის ასათვისებლად სხვადასხვა რაიონებში (რუსთავი, გორი, ფოთი

და ბათუმი). 2009 წლისთვის ამ 14 საპროექტო წინადადებიდან 2 უკვე ოპერაციულ სტადიაში იმყოფებოდა.

მიუხედავად ამ ცალკეული მიღწევებისა, საქართველოში აღნიშნული მიმართულებით ჩატარებული მუშაობის ანალიზი მოწმობს, რომ ჩვენში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა ჯერ კიდევ შეიცავს ბევრ ხარვეზს, რომლებიც წინააღმდეგობას უქმნიან ქვეყანაში კონვენციის მექანიზმების სრულფასოვან დანერგვას და მათ ეფექტურ გამოყენებას ეკონომიკის მდგრადი განვითარების უზრუნველსაყოფად. თანახმად [2]-ისა, ამ ბარიერებიდან ძირითადია:

- ❖ საქართველოს სამთავრობო პოლიტიკაში კლიმატის ცვლილება ჯერჯერობით არ წარმოადგენს პრიორიტეტულ მიმართულებას, რის გამოც არ ხდება კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული საკითხების ჩართვა ქვეყნისა და ეკონომიკის ცალკეული სექტორების განვითარების გეგმებში;
- ❖ კლიმატის ცვლილების დარგში მკაფიოდ ჩამოყალიბებული ერთიანი სამთავრობო პოლიტიკის უქონლობა, რომელიც გააერთიანებდა ამ მიმართულებით ქვეყნის სხვადასხვა ცენტრებში წარმოებულ საქმიანობას და უზრუნველყოფდა სამუშაოთა კოორდინაციას.
- ❖ კლიმატის ცვლილების საკითხებთან მიმართებაში სუსტია საკანონმდებლო ბაზა, რაც აძნელებს ამ პრობლემასთან დაკავშირებული ამოცანების სახელმწიფო დონეზე გადაჭრას;
- ❖ ქვეყანაში არსებული სტატისტიკური ბაზა არ აკმაყოფილებს კლიმატის ცვლილების ცალკეული პროექტების შესასრულებლად საჭირო მოთხოვნებს, რაც იწვევს მთელი რიგი საპროექტო წინადადებებისთვის დოკუმენტების შედგენის შეუძლებლობას;
- ❖ ქვეყანა განიცდის კლიმატის ცვლილების პრობლემაზე მომუშავე კვალიფიციური სპეციალისტების ნაკლებობას, რაც ხელს უშლის პოტენციური საპროექტო წინადადებების სათანადო დონეზე მომზადებას;
- ❖ მიუხედავად ბოლო 12 წლის მანძილზე ზემოთ ჩამოთვლილი პროექტების ფარგლებში კლიმატის ცვლილების პრობლემის პოპულარიზაციის მიმართულებით ჩატარებული სამუშაოებისა, ქვეყანაში ამ სფეროში მოსახლეობის შემეცნების დონე ჯერ კიდევ დაბალია, რაც აძნელებს როგორც გადაწყვეტილების მიმღებთა მხრიდან სათანადო დონისძიებათა მხარდაჭერას, ასევე საზოგადოების ფართო წრეების მონაწილეობას ამ დონისძიებათა დანერგვაში.

5.2 კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტურობის შეფასებები

ეს და სხვა, შედარებით ნაკლებად მნიშვნელოვანი წინააღმდეგობები, მიუხედავად საერთაშორისო ორგანიზაციების ქმედითი დახმარებისა, აფერხებენ საქართველოში კლიმატის ცვლილების სრულფასოვანი პოლიტიკის გატარებას, რომელიც განვითარებულ ქვეყნებში უკვე 10 წელზე მეტია რაც სამთავრობო ორგანოების / უწყებების ინტენსიური ყურადღების ქვეშ იმყოფება. სხვადასხვა ქვეყნებში, ან ქვეყნის შიგნით ცალკეულ ადმინისტრაციულ ერთეულებში გატარებული კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტურობის შესაფასებლად მუშავდება რიგი გაზომვადი ინდიკატორებისა, რომლებიც საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად შეფასდეს ქვეყნის (შტატის) შესაძლებლობათა ზღვარი კლიმატის პოლიტიკის გატარებაში, შეირჩეს ამ პოლიტიკის ოპტიმალური მიმართულებები და

შედარებულ იქნას სხვადასხვა შტატებში ამ პოლიტიკის განხორციელების ეფექტურობა.

კერძოდ ნაშრომში [3] შემოთავაზებულია რამდენიმე ინდიკატორი, რომლებიც ეყრდნობა შემდეგ ჰიპოთეზებს:

1. განახლებადი ენერჯიებისა და ენერგოეფექტურობის პროგრამების დანერგვისადმი ნაკლებ ინტერესს იჩენენ ქვეყნები
- ❖ რომელთა ეკონომიკა ძლიერ არის დამოკიდებული ნახშირბადის ინტენსიურ მოხმარებაზე, ან
- ❖ რომლებიც დიდი რაოდენობით აწარმოებენ წიაღისეულ საწვავს.
2. ენერგოეფექტურობისა და განახლებადი ენერჯიების პროგრამების დანერგვას უფრო ხალისიანად ეკიდებიან ქვეყნები, რომლებიც :
 - ❖ ფლობენ ქარისა და მზის ენერჯიის მაღალ პოტენციალს,
 - ❖ ხასიათდებიან ერთ სულ მოსახლეზე მაღალი შემოსავლით და / ან ინოვაციურად მოაზროვნე საზოგადოების არსებობით,
 - ❖ გამოირჩევიან ჰაერის დატუჭყიანების მაღალი დონით.
3. ქვეყანა უფრო მონდომებით ეკიდება გარკვეული სახის ენერგეტიკული პოლიტიკის დანერგვას, თუ მსგავს გეოგრაფიულ პირობებში მყოფ მის მეზობელ ქვეყნებში ამ სახის პოლიტიკა უკვე წარმატებითაა დანერგილი.

ადაპტაციის პოლიტიკასთან მიმართებაში ამ მოსაზრებებთან ერთად, ჩვენი აზრით, განსახილველია მეოთხე პოსტულატიც:
4. ქვეყანა მით უფრო ენერჯიულად ახორციელებს კლიმატის ცვლილების მიმართ საადაპტაციო პოლიტიკას შერჩეული პრიორიტეტული მიმართულებებით, რაც უფრო მეტ ზარალს განიცდის იგი ამ სფეროებში.

თითოეული ჰიპოთეზისა თუ პოსტულატის მართებულობის დასადგენად შეიძლება გამოყენებული იქნას გაზომვადი ინდიკატორები. მაგალითად პირველ ჰიპოთეზას შეესაბამება ისეთი მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს წიაღისეული საწვავის როლს ეროვნულ ეკონომიკაში. ამ ინდიკატორის რაოდენობრივი შეფასება ეყრდნობა ყოველ ქვეყანაში არსებულ სტატისტიკურ მონაცემებს მოპოვებული და მოხმარებული წიაღისეული საწვავის რაოდენობის შესახებ. შესაბამისი დარგებიდან მიღებული შემოსავალი შეიძლება შედარდეს ქვეყნის მთლიან შიდა პროდუქტს (მშპ) და გაანგარიშდეს ერთ სულ მოსახლეზე მიღებულ შემოსავალზე. ამრიგად, მიიღება წიაღისეულ საწვავთან დაკავშირებული ინდექსი, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნას ქვეყნის ეკონომიკის და კერძოდ, ენერგეტიკული პოლიტიკის რაოდენობრივი დახასიათებისათვის. ანალოგიური ინდექსი შეიძლება მიღებულ იქნას განახლებადი ენერჯიის როლის შესაფასებლად.

მეორე ჰიპოთეზასთან დაკავშირებულია რამდენიმე ინდიკატორი, რომელთაგან განიხილება:

 - ❖ ქვეყნის ტერიტორიაზე არსებული განახლებადი ენერჯიის ცალკეული სახეების (ქარის, მზის, წყლის, ბიომასის, გეოთერმული) სრული თეორიული და ტექნიკურად ათვისებადი პოტენციალი. ეს კრიტერიუმი ძირითადად დამოკიდებულია ქვეყნის ფიზიკურ – გეოგრაფიულ პირობებზე და მათ შესწავლილობაზე.
 - ❖ განახლებადი წყაროებიდან რეალურად მიღებული და მოხმარებული ენერჯიის რაოდენობის შეფარდება ტექნიკურად ათვისებადი ენერჯიის პოტენციურ რაოდენობასთან. ეს ინდექსი ახასიათებს ქვეყანაში არსებული ინოვაციური ტექნოლოგიების დონეს. რამდენადაც ახლოა ათვისებული რესურსი პოტენციურთან, მით მაღალია ქვეყნის რეიტინგი კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტურობის თვალსაზრისით. ამასთან ერთად

განიხილება ინდექსი, რომელიც წარმოადგენს განახლებადი წყაროებიდან მიღებული და მოხმარებული ენერჯის რაოდენობის შეფარდებას ქვეყანაში მოხმარებული ენერჯის საერთო რაოდენობასთან.

- ❖ აღნიშნული ინდექსები, გაანგარიშებული ქვეყნის ერთ სულ მოსახლეზე, შეიძლება შედარდეს ერთ სულ მოსახლეზე მშპ რაოდენობას, რათა შემოწმდეს ამ მაჩვენებლებს შორის კავშირის არსებობა.
- ❖ ატმოსფერულ ჰაერში დამაჭუჭყიანებელი კომპონენტების გაზომვადი კონცენტრაციები ახასიათებს მისი სისუფთავის ხარისხს. ამ სიდიდეების შედარება ქვეყანაში დანერგილი, განახლებადი ენერჯიების ათვისებაზე დამყარებული პროექტების რაოდენობასთან შეიძლება გამოყენებული იქნას მეორე პოსტულატის ბოლო პუნქტის მართებულობის დასადგენად.
- ❖ სხვადასხვა ქვეყნებში დროის ერთსა და იმავე მონაკვეთში აღნიშნული პროექტების რაოდენობის შედარება გარკვეული მიახლოებით შეიძლება გამოდგეს კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის წარმატებული განხორციელების დასახასიათებლად.
- ❖ საადაპტაციო პოლიტიკაში კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ზარალის შესაფასებლად შესაძლებელია მრავალი ინდიკატორის გამოყენება [4], მათ შორის: წყალდიდობით ინფრასტრუქტურისთვის მიყენებული ზარალი, დაკარგული მოსავლის რაოდენობა და ღირებულება, გვალვის შედეგად დაკარგული მოსავალი, გაუდაბნობიერი ფართობები, ეკომიგრანტთა რაოდენობა, ქარიშხლებისა და სხვა გამძაფრებელი სტიქიური მოვლენების შედეგად დაღუპულ ადამიანთა რაოდენობა და სხვ. ამ ტიპის მოვლენების გამანადგურებელი შედეგების შესარბილებლად განხორციელებული საადაპტაციო პოლიტიკის ეფექტურობა შეიძლება შეფასდეს შესრულებული პროექტების რაოდენობით, მათი მასშტაბურობით (ღირებულებით), დანერგილ ღონისძიებათა შედეგად ზარალის შემცირებით, ერთ სულ მოსახლეზე შემოსავლის ცვლილებით და სხვ. [5].

ამრიგად, ზემოთ განხილული მოსაზრებანი შეიძლება შემოწმდეს რაოდენობრივი ინდიკატორების გამოყენებით და ჩატარებული ანალიზის შედეგები გამოყენებული იქნას ქვეყანაში კლიმატის ცვლილების სტრატეგიის შესამუშავებლად.

კერძოდ, ჩამოთვლილი ინდიკატორები ნაშრომში [3] დეტერმინანტული მოდელის დახმარებით გამოყენებული იქნა აშშ 48 შტატში ქარისა და მზის ენერჯის ათვისებასთან მიმართებაში 1990 წლიდან წარმოებული კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტურობის შესაფასებლად. გამოკვლევის შედეგად დადგინდა იქნა, რომ სათბურის გაზების ემისიების შესამცირებლად გამიზნულ ღონისძიებებს უფრო ეფექტურად ატარებენ ის შტატები, რომელთა მოსახლეობა გამოირჩევა ინოვაციური (პროგრესული) აზროვნებით, რომლებიც ხასიათდება ერთ სულ მოსახლეზე ჰაერის გაჭუჭყიანების მაღალი დონით, განახლებადი ენერჯიების მაღალი პოტენციალით და ნახშირორქანის გამაფრქვეველი საწარმოების ნაკლები რაოდენობით. მიღებულმა შედეგებმა აჩვენა აგრეთვე, რომ ცალკეულ შტატში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის გატარების ეფექტურობა ძირითადად განპირობებულია შტატის მახასიათებლებით და პოლიტიკური მოსაზრებებით და არა მეზობელ შტატებში წარმოებული პოლიტიკის შედეგიანობით. ქარისა და მზის ენერჯის მაღალი პოტენციალის მქონე შტატები ისწრაფვიან შესაბამისი მიმართულების განახლებადი პროექტების განხორციელებისკენ. თუმცა, აღმოჩნდა, რომ ეს მოსაზრება ნაკლებად მართლდება ქარის მაღალი პოტენციალის შტატებში,

რომლებიც უმეტესწილად ნაკლებადაა დასახლებული და, სათანადოდ, აქ ნაკლები მოთხოვნაა ენერჯიაზე.

ამასთან ერთად, წიაღისეული საწვავის წარმოება არ აღმოჩნდა კორელაციურად დაკავშირებული ენერგოეფექტურობის პროგრამებთან, რაც მოწმობს იმას, რომ თითოეული შტატი ცდილობს დაიცვას ადგილობრივი წარმოება და ამრიგად, კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის გატარება მნიშვნელოვნადაა განპირობებული პოლიტიკური მოსახრებებით.

საბოლოო ჯამში, მიღებულ იქნა დასკვნა, რომ განახლებადი ენერჯიების პროგრამების გატარების მთავარ მამოძრავებელ ძალას წარმოადგენს მოსახლეობის შემეცნების დონე, რომელიც შტატის ბუნებრივი შესაძლებლობების გათვალისწინებით განსაზღვრავს მთავრობისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს ამა თუ იმ მიმართულების განახლებადი პროექტების განსახორციელებლად.

მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნულ ნაშრომში არ არის განხილული განახლებადი ენერჯიების ისეთი მნიშვნელოვანი კომპონენტი, როგორცაა ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი, და აგრეთვე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა სხვა დარგებში (მეტყვეობა, ტრანსპორტი, სოფლის მეურნეობა, სამრეწველო პროცესები), მიღებული შედეგები გარკვეული მიახლოებით შეიძლება გამოყენებული იქნას საქართველოში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ძირითადი პრინციპებისა და მიმართულებების დასაზუსტებლად.

5.3. ძირითადი პრინციპები საქართველოში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის გასატარებლად

ბოლო 15 წლის მანძილზე საქართველოს ეკონომიკაში მომხდარი ძირეული ეკონომიკური ძვრების გათვალისწინებით ქვეყანაში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა ამჟამად ითვალისწინებს შემდეგ ძირითად პრინციპებს:

- ❖ მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში ჩატარებული შეფასებების თანახმად, კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მიმართ ყველაზე მოწველად რეგიონებს წარმოადგენს შავი ზღვის სანაპირო ზონა, დედოფლისწყაროს რაიონი და კავკასიონის სამხრეთი ფერდობებისა და აჭარის მთიანი რეგიონები. საადაპტაციო პროექტების უმეტესობა უნდა ჩატარდეს ამ ტერიტორიებზე და უნდა ითვალისწინებდეს ეკონომიკისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების მაქსიმალურ დაცვას კლიმატის ცვლილების უარყოფითი ზემოქმედებისაგან:
- ❖ საადაპტაციო პროექტების განხორციელებისას მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული მიმდინარე საუკუნის დასასრულამდე პროგნოზირებული კლიმატის ცვლილების ტრენდები.
- ❖ საადაპტაციო პროექტების ძირითად მიზანს უნდა წარმოადგენდეს მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესება და ქვეყნის ეკონომიკის პრიორიტეტული სექტორების (ენერგეტიკის, ტურიზმის, სოფლის მეურნეობის, ტრანსპორტის) განვითარების ხელშეწყობა.
- ❖ სათბურის გაზების ემისიების შემცირების მიმართულებით ძირითადი ყურადღება უნდა გამახვილდეს ენერგეტიკაში განახლებადი წყაროების გამოყენებაზე. საქართველოს მდიდარი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გამოყენებით, რომელიც სადღეისოდ ქვეყანაში გამოუმუშავებული ელექტროენერჯიის 90%-ს უზრუნველყოფს, ქვეყნის ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის მიღწევა შესაძლებელია როგორც ახალი მცირე და საშუალო ჰესების აგებით, ასევე არსებული სადგურების მოდერნიზაციის გზით, აგრეთვე ქარისა და მზის ენერჯიის ფართომასშტაბური გამოყენების საშუალებით. წიაღისეული საწვავის

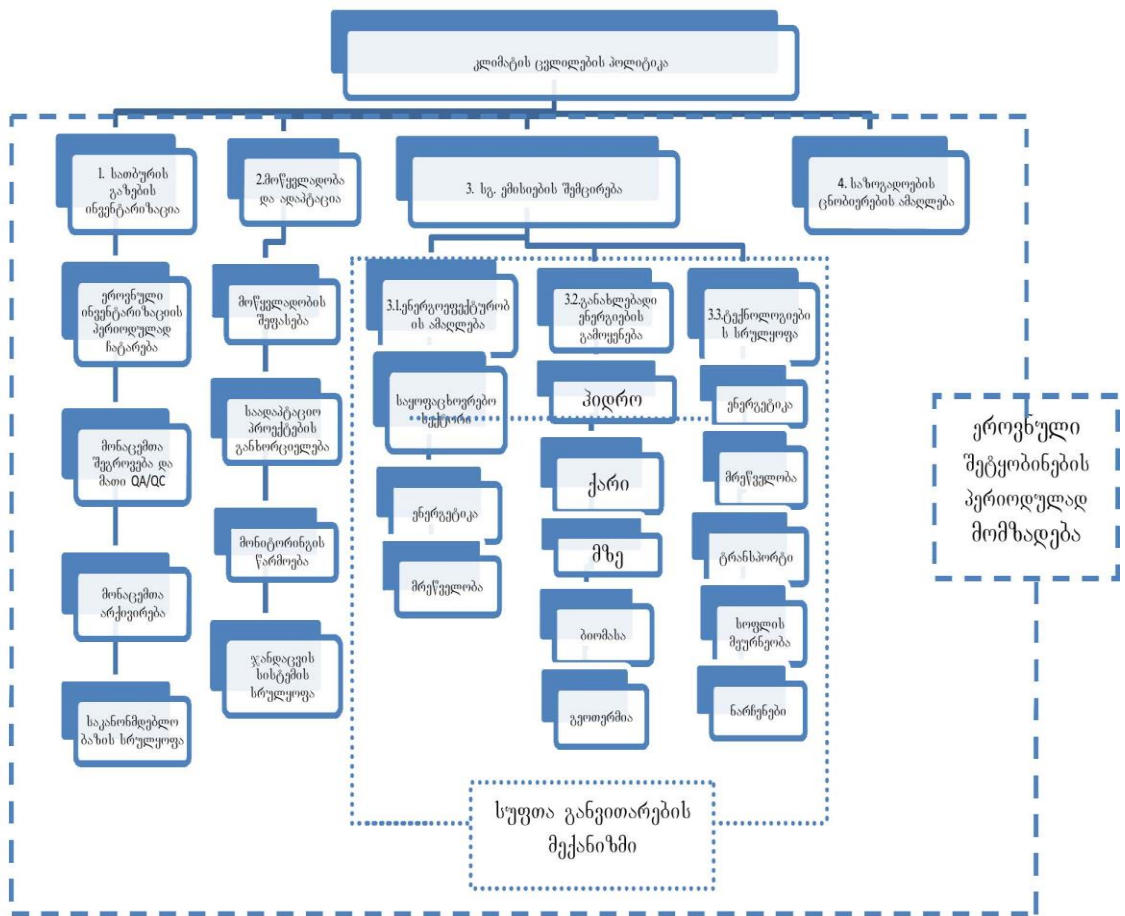
შედარებით მცირე მარაგების გათვალისწინებით განახლებადი ენერჯის ფართომასშტაბური გამოყენება არ გამოიწვევს საქართველოს ეკონომიკის რესტრუქტურისაციის აუცილებლობას, ხოლო მომავალი 20-30 წლის მანძილზე ქვეყნის ენერგოგენერაცია შესაძლებელია გავიდეს სათბურის გაზების ნულვანი ემისიის დონეზე [2], რაც შესაბამისად შეამცირებს გარემოს დატუჯიანების ხარისხს. ენერჯის განახლებადი წყაროებიდან საკმაო პოტენციალი გააჩნია მესაქონლეობის ნარჩენებიდან ბიოგაზის წარმოებას, აგრეთვე ლოკალური მასშტაბით (თბილისი, წყალტუბო, ზუგდიდი) გეოთერმული ენერჯის გამოყენებას. ჰიდროენერჯეტიკის გარდა, ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების სხვა ზემოთ ჩამოთვლილი მიმართულებები ჯერჯერობით საწყის სტადიაში იმყოფება.

- ❖ ენერგოეფექტიანობის ზრდის მიმართულებით ბოლო წლებში ჩატარებული სამუშაოების მიუხედავად მნიშვნელოვანი ამოცანებია გადასატარებელი უპირველეს ყოვლისა საყოფაცხოვრებო სექტორში, რაც ახალი ტექნოლოგიების დანერგვასთან ერთად დაკავშირებულია მოსახლეობის შემეცნების დონის ამაღლების პრობლემასთან. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ენერგოეფექტიანობის ზრდა სამრეწველო და ენერჯეტიკის სექტორებში.
- ❖ სამრეწველო სექტორის ამჟამინდელი შეზღუდულობის პირობებში ტრანსპორტი წარმოადგენს სათბურის გაზების ემისიების ერთ-ერთ მთავარ წყაროს, ხოლო მსხვილი ქალაქების პირობებში, სადაც თავმოყრილია მოსახლეობის დიდი ნაწილი – მავნე მინარევებით ჰაერის მთავარ დამატუჯიანებელს. ამდენად, შრომაში [3] აღნიშნული გარემოების თანახმად, ეს ფაქტი უნდა წარმოადგენდეს ქვეყანაში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის აქტიური გატარების საფუძველს. თუმცა მეორადი მოსმარების ავტომანქანების შემოტანის, არსებული ავტოპარკის სიძველის, იმპორტირებული საწვავის დაბალი ხარისხის, გზების უვარგისობისა და სხვა მიზეზთა გამო, ამ პრობლემის დაძლევა სამომავლო და მეტად აქტუალურ ამოცანად რჩება. ფაქტობრივად, ამ შემთხვევაში ჰაერის დატუჯიანებით განპირობებული პოლიტიკის ეფექტური გატარების მოტივაციის საწინააღმდეგოდ მოქმედებს წიაღისეული საწვავის ინტენსიურ მოსმარებასთან დაკავშირებული ფაქტორები, რაც სხვა ეკონომიკურ, სოციალურ თუ შემეცნებით პრობლემებთან ერთად აფერხებს სათანადო დონისძიებების გატარებას.
- ❖ სათბურის გაზების ემისიების შემცირებაში მნიშვნელოვანი წვლილის შეტანა შეუძლია სამრეწველო პროცესების ტექნოლოგიურ დახვეწას. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეს მიმართულება მოქმედი მსხვილი სამრეწველო ობიექტების სიმცირის გამო (რუსთავის ს.ს. “აზოტი”, რუსთავისა და კასპის ცემენტის ქარხნები, მადნეულის სამთო – გამამდიდრებელი კომბინატი, გარდაბნის თბოელექტროსადგური) ჯერ-ჯერობით მხოლოდ რამდენიმე საპროექტო წინადადებითაა წარმოდგენილი, თუმცა მომავალში, ინდუსტრიული წარმოების მასშტაბების ზრდის შემთხვევაში, ამ სექტორს შეეძლება მნიშვნელოვანი როლის შესრულება კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის გატარებაში.
- ❖ სამრეწველო და სოფლის მეურნეობის სექტორების ამჟამინდელი შედარებით მცირე წარმადობის პირობებში ნარჩენების სექტორი ძირითადად წარმოდგენილია რამდენიმე მსხვილი ქალაქის (თბილისი, ქუთაისი, რუსთავი, ფოთი, ბათუმი) საყოფაცხოვრებო ნაგავსაყრელით, რომელთა შეზღუდული მასშტაბები საერთაშორისო ექსპერტთა დასკვნით, სათბურის გაზების (მეთანი) შეგროვებისა და შემდგომი გამოყენების

პროექტების ეკონომიკურად მომგებიანი განხორციელების შესაძლებლობას არ იძლევა. მიუხედავად ამისა, კლიმატის ცვლილების სამომავლო პოლიტიკაში ეს სექტორი ისეთივე ყურადღებას უნდა იმსახურებდეს, როგორც სამრეწველო პროცესების სექტორი.

- ❖ იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოს ტერიტორიის თითქმის 40 % დაფარულია ტყეებით, ატმოსფეროდან სათბურის გაზების (ნახშირორჟანგის) შთანთქმის დარგში ქვეყანას დიდი პოტენციალი გააჩნია. ამიტომ კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებას, განახლებადი ენერჯიების ათვისებასა და ენერგოეფექტურობის ზრდასთან ერთად, უნდა წარმოადგენდეს გატყიანებისა (afforestation) და ტყეების აღდგენის (reforestation) პროექტები. ამ კუთხით სამუშაოთა გაძლიერება მით უფრო აქტუალური გახდა 2008 წლის აგვისტოს მოვლენების შემდეგ, რასაც ბორჯომის ხეობაში 800 ჰა ფართობზე რეკრეაციული მნიშვნელობის ძვირფასი ტყის მასივები შეეწირა.
- ❖ ნაშრომში [3] მოყვანილი არგუმენტების თანახმად, კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტიანი გატარების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს წინაპირობას წარმოადგენს კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებული საზოგადოებრივი ცნობიერების მაღალი დონე, რაც ხელს უწყობს სათანადო პროექტების მაღალ დონეზე განხორციელებას და მათი შედეგების ფართო დანერგვას/გავრცელებას. ამ ფაქტორის გათვალისწინებით აღნიშნული მიმართულებით წარმოებული სამუშაოები, რომლებიც კლიმატის ცვლილების კონვენციის მე-6 მუხლის მოთხოვნების შესაბამისად ტარდება, აგრეთვე პრიორიტეტულად უნდა ჩაითვალოს. კლიმატის ცვლილების პრობლემის გარშემო საქართველოში მოსახლეობის შემეცნების დონე ჯერ კიდევ მეტად დაბალია. ამ ჩამორჩენის დასაძლევად საჭიროა სათანადო სისტემატური კურსების შემოღება განათლების სისტემის ყველა დონეზე, საშუალო სკოლის დაბალი კლასებიდან უნივერსიტეტების ჩათვლით, ასევე მიზნობრივი საინფორმაციო სამუშაოების ჩატარება მას-მედიის ფართო სპექტრის გამოყენებით მოსახლეობის ყველა ფენის ინფორმირებულობის უზრუნველსაყოფად. აღსანიშნავია აგრეთვე სამეცნიერო გამოკვლევების დიდი როლი კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტური გატარების საქმეში როგორც მოწვევადობისა და ადაპტაციის, ასევე სგ ემისიების შემცირების მიმართულებით.
- ❖ კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ყველა მიმართულების აქტიური განხორციელების ერთ-ერთ ყველაზე ქმედით ინსტრუმენტს წარმოადგენს სუფთა განვითარების მექანიზმი (სგმ), რომელსაც საფუძვლად უდევს მჭიდრო თანამშრომლობა განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებს შორის [6]. მიუხედავად იმისა, რომ 2009 წლისთვის საქართველოში ჩატარდა შესაბამისი პროექტი და მომზადდა 17 საპროექტო წინადადება სუფთა განვითარების მექანიზმის ასამოქმედებლად, საბაზრო ინფრასტრუქტურის სისუსტის, მასშტაბების სიმცირისა და დაბალი ეკონომიკური მაჩვენებლების გამო მათი განხორციელება ჯერ არ დაწყებულა. სგმ ეფექტური ამოქმედებისთვის საჭიროა ქვეყანაში კვალიფიციური კადრების მომზადება და საბაზისო სცენარების ასაგებად აუცილებელი სტატისტიკურ მონაცემთა ბაზის სრულყოფა, შესაბამისი საკანონმდებლო საფუძვლების გაძლიერება.

- ❖ კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის დასაბუთებული გატარებისთვის ქვეყანაში აუცილებელია სათბურის გაზების ემისიის წყაროთა და შთანთქმის ობიექტების დეტალური ინვენტარიზაცია, რომელიც გარკვეული პერიოდულობით უნდა ტარდებოდეს. ყოველწლიურად უნდა ხდებოდეს საწყისი მონაცემების შევსება და გადამოწმება, მათი ხარისხის უზრუნველყოფისა და ხარისხის კონტროლის (QA/QC) სამუშაოები. ეს მოითხოვს ეროვნული ინვენტარიზაციის მუდმივი ჯგუფის არსებობას და კვალიფიციური ექსპერტების სისტემატურ მომზადებას, მონაცემთა სტატისტიკური ბაზის სრულყოფას და მათი შეგროვების საკანონმდებლო საფუძვლების გაძლიერებას, დამუშავებულ მონაცემთა არქივის შექმნას.
- კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ზემოთ განხილულ ელემენტებს შორის ურთიერთკავშირის სქემა მოყვანილია ნახაზზე 5.3.1.



ნახ. 5.3.1. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ელემენტები და მათ შორის კავშირები

ამ ნახაზზე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა დაყოფილია 4 ძირითად ბლოკად, რომელთაგან მე-3 ბლოკში შემავალი ყველა ელემენტი პოტენციურად გაერთიანებულია სუფთა განვითარების მექანიზმის ჩარჩოში, რაც მოწმობს საერთაშორისო თანამშრომლობის ამ ფორმის დიდ შესაძლებლობებს კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებული ამოცანების დაძლევის საქმეში. ოთხივე ბლოკში წარმოებული სამუშაოები ერთიანდება ეროვნული შეტყობინების მომზადების ჩარჩოში, რადგანაც ეს დოკუმენტი ვალდებულია ასახოს კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ფარგლებში გარკვეულ პერიოდში შესრულებული ყველა სამუშაოს შინაარსი.

ზემოთ განხილულ პრინციპებზე დამყარებულ, და სამთავრობო დონეზე კოორდინირებულ კლიმატის ცვლილების ეროვნულ პოლიტიკას შეუძლია მნიშვნელოვანი წვლილის შეტანა ქვეყნის ეკონომიკის მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფაში და ამჟამად მიმდინარე ბევრ საერთაშორისო პროგრამასთან საქართველოს თანამშრომლობის გაძლიერებაში.

5.4. საქართველოში საადაპტაციო პროექტების განხორციელების შესაძლებლობათა შეფასება

საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ზემოთ ნახსენები საადაპტაციო პროექტები გამიზნულია აღნიშნული პროცესების უარყოფითი ზემოქმედების შედეგებთან საბრძოლველად და მათ შესარბილებლად. როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, თითოეული ასეთი პროექტის ღირებულება შეიძლება აღწევდეს რამდენიმე ასეულ მილიონ დოლარს, რაც ეკონომიკის მართვის თანამედროვე პირობებში მოითხოვს კერძო, ან კორპორაციული კაპიტალის ჩართვას მათ განხორციელებაში.

შავი ზღვის სანაპირო ზოლის რეგიონში ნაპირდამცავი საუშაოების ჩატარებაში დაინტერესებულია ისეთი მსხვილი გაერთიანებები, როგორცაა ფოთის პორტი, სუფსისა და ყულევის ნავთობტერმინალები, ბათუმის აეროპორტი და სხვ., რომლებიც პროექტის ეფექტურობის გარანტიის შემთხვევაში, სავარაუდოდ, მზად იქნებიან ნაწილობრივ დაფარონ ცალკეული პროექტის განხორციელების ხარჯები. გარდა ამისა, ბათუმი-ადლიას სექტორში ხელოვნური სარეკრეაციო ფართობის (კუნძულის) შექმნის იდეამ შეიძლება დააინტერესოს კერძო ინვესტორი, რომელიც გარკვეული დროის შემდეგ მოგებას ნახავს ამ ობიექტის ექსპლოატაციისაგან.

ქვემო სვანეთში მეწყერსაშიში უბნების სტაბილიზება შეიძლება განხორციელდეს მიწის შერჩეული ნაკვეთების კერძო პირებზე მიმაგრების გზით, რომლებიც უზრუნველყოფენ თხილის, ან სხვა შესაფერისი კულტურის ნარგავების მოვლა-პატრონობას და სამაგიეროდ მოგებას ნახავენ მოწეული მოსავლის რეალიზაციიდან.

ღარიალის ხეობაში მყინვარების დეგრადაციასთან დაკავშირებული საფრთხეების თავიდან ასაცილებლად სათანადო პროექტების განხორციელებაში, სახელმწიფოსთან ერთად, შეიძლება მონაწილეობა მიიღონ კერძო კომპანიებმა, რომლებიც დაინტერესებულნი არიან სტრატეგიული მნიშვნელობის მქონე გზისა და მილსადენის შეუფერხებელი მუშაობის უზრუნველყოფით.

აღმოსავლეთ საქართველოს გვალვასაშიშ რაიონებში ქარსაფარი ზოლებისა და საირიგაციო სისტემების რეაბილიტაციის პროექტების ხარჯები ნაწილობრივ შეიძლება დაფარული იქნას მსხვილი აგროსამრეწველო გაერთიანებების მიერ, რომლებიც მიწისა და წყლის რესურსების მენეჯმენტის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით მოგებას მიიღებენ ამ რაიონების ეკონომიკური პოტენციალის სრულად გამოყენებისგან. ამ კონტექსტში შთამბეჭდავად გვესახება დედოფლისწყაროს რაიონში მზის ენერჯის გამოყენებაზე ორიენტირებული პროექტის განხორციელება.. ერთწლიანი და მრავალწლიანი კულტურების, აგრეთვე საძოვრების რწყვის პირობებში მიღებულმა ეკონომიკურმა მოგებამ, შესაძლებელია, რენტაბელური გახადოს აქ მზის მძლავრი თერმული ელექტროსადგურის აგება, რომელზეც ელექტროენერჯის გამოყენების პიკი (ზაფხულის უღრუბლო და მზიანი ცხელი ამინდი) დაემთხვევა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალზე მოთხოვნის მაქსიმუმს. წლის სხვა სეზონებში სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია შეიძლება გამოყენებულ იქნას სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ადგილობრივი გადამამუშავებელი საწარმოების მიერ, რაც მინიმუმამდე დაიყვანს ელექტროგადამცემ ხაზებში ენერჯის დანაკარგებს.

დედოფლისწყაროს რაიონის ტერიტორიაზე მდ. ალაზნიდან ამოქაჩული წყლის ხარჯზე მძლავრი სარწყავი სისტემის მოწყობის ხელშემშლელ პირობას წარმოადგენს მეზობელი აზერბაიჯანის მხრიდან მინგეჩაურის წყალსაცავში წყლის შესაძლო დეფიციტთან დაკავშირებული პრეტენზიები. მდ. ალაზანი მდ. მტკვრის შემდეგ, აღნიშნული წყალსაცავის მთავარ მკვებავ არტერიას წარმოადგენს. ამ წყალსაცავთან დაკავშირებული სარწყავი სისტემის დიდი ეკონომიკური მნიშვნელობის გათვალისწინებით შესაძლებელია აზერბაიჯანის მხარეს ნეგატიური რეაქცია ჰქონდეს ამ პროექტის მიმართ.

აქამდე საადაპტაციო პროექტები განიხილებოდა მხოლოდ კლიმატის ცვლილების უარყოფითი შედეგების გათვალისწინებით. მაგრამ კლიმატის მოსალოდნელი დათბობა გამოიწვევს თითოეული რეგიონის ეკონომიკაში მთელ რიგ დადებით ძვრებსაც, რის გამოც აუცილებელი გახდება ამ კუთხითაც საადაპტაციო ღონისძიებების გატარება.

კერძოდ, მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა, რომ შავი ზღვის სანაპირო ზონაში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის 3-4 °C-ით აწევა შესაძლებელს გახდის ამ რეგიონში ფორთოხლის კულტურის ფართოდ გაშენებას, რომელიც ნაწილობრივ შეცვლის მანდარინის ნაკლებად რენტაბელურ კულტურას. შესაძლებელი გახდება აგრეთვე რეკრეაციულ და ტურისტულ სექტორთან დაკავშირებული ობიექტების მთელი წლის განმავლობაში ახალი ბოსტნეულით მომარაგება მარტივი სათბურების აგებით, რაც განსაკუთრებით აქტუალური გახდება დათბობის შედეგად რეკრეაციული სეზონის 30-40 დღით გახანგრძლივების გამო. თუმცა, აღნიშნული მიმართულებით სამუშაოთა უზრუნველსაყოფად რეგიონში საჭირო გახდება სარწყავი სისტემების მოწყობა, რაც აქ არსებული წყლის რესურსების სიუხვის გამო, არსებით სირთულეს არ უნდა წარმოადგენდეს.

კიდევ უფრო შთამბეჭდავი ცვლილებებია მოსალოდნელი დასავლეთ საქართველოს მთიან რეგიონებში. კლიმატის დათბობა აქ გამოიწვევს კლიმატური ზონების საგრძნობ ვერტიკალურ წანაცვლებას და შესაბამის ცვლილებებს სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში. მეორე ეროვნულ

შეტყობინებაში ქვემო სვანეთისთვის ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა, რომ რაიონის ქვედა, მთისწინა ზონაში (500-800 მ ზ.დ.), სადაც სოფლის მეურნეობის ამჟამინდელი სპეციალიზაციაა მევენახეობა, მეხილეობა, სიმინდის, სოიოს და ბოსტნეულის წარმოება, 2100 წლისთვის სოფლის მეურნეობის სპეციალიზაცია აქ შეიძლება გახდეს მიწათმოქმედება მთელი წლის განმავლობაში, ციტრუსების, სიმინდის და ბოსტნეულის ორი სამი მოსავლის მიღება წელიწადში.

ანალოგიურად, რაიონის შუამთის ზონაში (1200-1800 მ ზ.დ.), ამჟამად დომინირებული მეცხოველეობის, საკვებწარმოების, სასილოსე სიმინდის, ქერის, კარტოფილის წარმოების ნაცვლად ადგილი დაეთმობა მევენახეობას, მეხილეობას, მებოსტნეობას და საადრეო კარტოფილის მოყვანას.

რაც შეეხება ყველაზე მაღალ, სუბნივალურ ზონას (2400-2850 მ ზ.დ.), ამჟამად დომინირებული მაღალმთიან სათიბ-საძობრებს ჩაენაცვლება საკვებწარმოება, კენკროვანი მეხილეობა, მებოსტნეობა (კვალსათბურებში) და კარტოფილის საადრეო ჯიშების წარმოება. მსგავსი მნიშვნელოვანი ძვრებია მოსალოდნელი საქართველოს სხვა მთიან რეგიონებშიც.

საუკუნის დასასრულისთვის კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების შეფასებებზე დაყრდნობით ჩატარებული შეფასებები გვიჩვენებს, რომ კლიმატის პროგნოზირებულ ცვლილებასთან საადაპტაციოდ უკვე უახლოეს ათწლეულებში სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში მთიან რეგიონებში საჭირო გახდება აგროკლიმატური ზონების ვერტიკალურ წანაცვლებასთან დაკავშირებული საადაპტაციო პროექტების ჩატარება, რათა ამ პროექტებში მიღებული შედეგების გათვალისწინებით რაიონების სოფლის მეურნეობა მიმზადებული შეხვდეს გარდაუვალ რეორგანიზაციას.

დედოფლისწყაროს რაიონსა და ქვემო ქართლში კლიმატის მოსალოდნელ დათბობას, უარყოფით შედეგებთან ერთად, დადებითი ძვრების მოტანაც შეეძლება. კერძოდ, უპირველეს ყოვლისა, ეს შეეხება სიმინდის და ზოგიერთი სხვა კულტურის წელიწადში ორი მოსავლის მიღების შესაძლებლობას, აგრეთვე მეცხოველეობის საკვები ბაზის გაძლიერებას, თუმცა ყველა ეს ღონისძიება ისევ და ისევ გაზრდილ მოთხოვნებს უყენებს საირიგაციო სისტემების აღდგენისა და გაფართოების სამუშაოებს. და თუ ქვემო ქართლში ამ პრობლემის დაძლევა მეტნაკლებად შესაძლებელი იქნება მტკვრის, ხრამის, ალგეთისა და მაშავერას რესურსების გამოყენებით (მტკვრის საშუალო წლიური ხარჯი წყალადების რაიონში – 205 მ³/წმ, ხრამის – 20 მ³/წმ, ალგეთის – 2,5 მ³/წმ და მაშავერის – 6 მ³/წმ), დედოფლისწყაროს რაიონში სარწყავი წყლის ერთადერთ რეალურ პოტენციურ მომწოდებელს წარმოადგენს მდ. ალაზანი, რომლის წყლის რესურსების გამოყენების პოლიტიკურ ასპექტზე უკვე იყო ნათქვამი ზემოთ. (მინგეჩაურის წყალსაცავთან შესართავში მტკვრის საშუალო მრავალწლიური ხარჯი შეადგენს 291 მ³/წმ, ხოლო ალაზნისა – 112 მ³/წმ, ანუ მტკვრის ჩამონადენის დაახლოებით 40%-ს [7]). 1990-იანი წლების შემდეგ ჩატარებული გაზომვების თანახმად, მდ. იორის საშუალო წლიური ხარჯი შესართავთან არ აღემატება 3-5 მ³/წმ, რაც გამოწვეულია მისი რესურსების ინტენსიური მოხმარებით თბილისის ზღვისა და საგარეჯოსა და გარდაბნის რაიონების სარწყავი სისტემის კვებისთვის. რაც შეეხება მიწისქვეშა წყლის რესურსებს, იორი-შირაქის არტეზიული აუზის რესურსები არ აღემატება 5 მ³/წმ, ხოლო მის მეზობლად მდებარე მარნეული-გარდაბნის არტეზიული აუზის რესურსები შეადგენს მხოლოდ 16 მ³/წმ [8]. ამიტომ, ცხადია, რომ დედოფლისწყაროს

რაიონსა და ქვემო ქართლში სარწყავი წყლის პრობლემის დაძლევის საქმეში მიწისქვეშა წყლის რესურსების როლი პრაქტიკულად უმნიშვნელოა.

ზემოთ მოყვანილი ხარისხობრივი მოსაზრებები რაოდენობრივად შეიძლება შეფასდეს WEAP წყალბალანსური მოდელის გამოყენებით, რომელიც კონკრეტული რეგიონის (მდინარის აუზის) კლიმატური პირობების, მცენარეული საფარის, ნიადაგის ტიპებისა და სხვა მახასიათებლების მიხედვით საშუალებას იძლევა დადგინდეს იქნას საკვლევი მდინარის წყლის რესურსების გამოყენების შესაძლებლობები (წყალაღების მოცულობა) სარწყავად, პიდროენერგეტიკისთვის, თუ სხვა მიზნებისთვის. მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში ასეთი შეფასებები, კლიმატის პროგნოზირებული ცვლილების გათვალისწინებით, ჩატარდა მდინარეების ალაზნისა და იორისთვის, რის შედეგადაც მიღებულ იქნა, რომ მდ. ალაზნის, მიუხედავად 2100 წლისთვის წლიური ჩამონადენის 8%-ით შემცირების შესაძლებლობებისა, მაინც შეეძლება 50%-ით გაზრდილი მოთხოვნის დაკმაყოფილება. მდ. იორის ჩამონადენის 11 %-იანი მოსალოდნელი დაკლების გათვალისწინებით, მის მიერ მზარდი მოთხოვნის დაკმაყოფილება შეუძლებელი აღმოჩნდა.

5.4. ძირითადი შედეგები

1. გასული 12 წლის მანძილზე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა საქართველოში ძირითადად მოიცავდა ეროვნული შეტყობინებების მომზადებას, აგრეთვე რიგი პროექტების შესრულებას ენერგოეფექტურობის, განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების ათვისების, სუფთა განვითარების მექანიზმის დანერგვისა და საადაპტაციო პოლიტიკის განხორციელების მიმართულებით. მიუხედავად ამ დარგში გარკვეული მიღწევებისა, ჩვენში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა ჯერ კიდევ შეიცავს ბევრ ხარვეზებს, რომლებიც წინააღმდეგობას უქმნიან ქვეყანაში კონვენციის მექანიზმების სრულფასოვან დანერგვასა და მათ ეფექტურ გამოყენებას ეკონომიკის მდგრადი განვითარების უზრუნველსაყოფად. ამ ხარვეზებიდან ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანესად უნდა ჩაითვალოს ის, რომ საქართველოს სამთავრობო პოლიტიკაში კლიმატის ცვლილება ჯერჯერობით არ წარმოადგენს პრიორიტეტულ მიმართულებას. ამის გამო ქვეყანას არ გააჩნია აღნიშნულ დარგში ერთიანი სამთავრობო პოლიტიკა, კლიმატის ცვლილების საკითხებთან მიმართებაში სუსტია საკანონმდებლო ბაზა.
2. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ეფექტურობის შესაფასებლად თანამედროვე ლიტერატურაში გამოიყენება მთელი რიგი ინდიკატორები, რომლებიც ეყრდნობიან სათბური გაზების შემცირების, განახლებადი ენერჯიების გამოყენების, ჰაერის დატუჩყიანების დონის დაწვევის, კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ზარალის შემცირების ამსახველ გაზომვად მაჩვენებლებს. ამ ინდიკატორების გამოყენებით შესაძლებელია ცალკეულ ქალაქებში ან რეგიონებში წარმოებული კლიმატის ცვლილების ეფექტურობის რაოდენობრივი შეფასება.
3. საქართველოში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის გასატარებლად შემოთავაზებულია შემდეგი ძირითადი პრინციპები:

- საადაპტაციო პოლიტიკის უმეტესობა უნდა ჩატარდეს წინასწარი შეფასებების საფუძველზე შერჩეულ ყველაზე მოწვევად რეგიონებში;
 - აღნიშნული პროექტების შესრულებისას მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის პროგნოზირებული ტრენდები;
 - სათბური გაზების ემისიების შემცირების მიმართულებით ძირითადი ყურადღება უნდა გამახვილდეს ენერგეტიკაში განახლებადი წყაროების გამოყენებაზე, აგრეთვე ავტოსატრანსპორტო პარკის მოდერნიზაციასა და გაზების ხარისხის გაუმჯობესებაზე;
 - ენერგოეფექტურობის ზრდის მიმართულებით მნიშვნელოვანი ამოცანებია გადასაჭრელი საყოფაცხოვრებო, სამრეწველო და ენერგეტიკის სექტორებში;
 - კლიმატის ცვლილების სამომავლო პოლიტიკაში ნარჩენების სექტორი ისეთივე ყურადღებას უნდა იმსახურებდეს, როგორც სამრეწველო პროცესების სექტორი;
 - იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოს ტერიტორიის დიდი ნაწილი დაფარულია ტყეებით, კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებას უნდა წარმოადგენდეს გატყიანებისა და ტყეების აღდგენის პროექტები;
 - კლიმატის ცვლილების პრობლემის გარშემო საქართველოში მოსახლეობის შემეცნების ჯერ კიდევ დაბალი დონის გამო კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის გატარების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს წინაპირობას წარმოადგენს აღნიშნულ პრობლემასთან დაკავშირებული საზოგადოების ცნობიერების ამაღლება. ამ მიმართულებით მასშტაბური სამუშაოებია ჩასატარებელი განათლების სისტემაში, უფრო ქმედითი უნდა გახდეს მას-მედიისა და სამეცნიერო წრეების საქმიანობა;
 - კლიმატის ცვლილების ეფექტური გატარებისთვის ქვეყანაში აუცილებელია სათბური გაზების ემისიის წყაროთა სისტემატური დეტალური ინვენტარიზაცია, რისთვისაც საჭიროა ეროვნული ინვენტარიზაციის მუდმივი ჯგუფის არსებობა, მონაცემთა სტატისტიკური ბაზის სრულყოფა და შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზის გაძლიერება.
4. საქართველოში კლიმატის ცვლილების მიმართ საადაპტაციო პროექტების განხორციელება პირველ რიგში რეკომენდებულია ისეთ მოწვევად რეგიონებში, როგორცაა შავი ზღვის სანაპირო ზონა, ქვემო სვანეთი და დედოფლისწყაროს რაიონი. პერსპექტულად უნდა ჩაითვალოს აგრეთვე აჭარის მთიანი ზონა, ქვემო ქართლი, ჰერეთი და სხვ.
 5. შემუშავებულია მთელი რიგი საპროექტო წინადადებებისა, რომლებიც ითვალისწინებს ნაპირდამცავი სამუშაოების ჩატარებას შავი ზღვის სანაპიროს ფოთისა და ბათუმი-ადლიას მონაკვეთებზე, მეწყერსაშიში უბნების სტაბილიზებას ქვემო სვანეთში, ქარსაფარი ზოლებისა და საირიგაციო სისტემების სტაბილიზაციას დედოფლისწყაროს რაიონში, აგრეთვე კატასტროფული მყინვარული მოვლენების შედეგების შერბილებას დარიალის ხეობაში.
- კლიმატის მოსალოდნელ დათბობას მოწვევად რეგიონებში, უარყოფით შედეგებთან ერთად, შეუძლია ეკონომიკაში დადებითი ძვრების გამოწვევაც. შავი ზღვის სანაპირო ზონაში ეს გამოიხატება რეკრეაციული სეზონის გახანგრძლივებაში, მაღალპროდუქტიული

ციტრუსოვანი კულტურების გაშენების შესაძლებლობაში და სხვ. დასავლეთ საქართველოს მთიან რეგიონებში იგი გამოიწვევს აგროკლიმატური ზონების საგრძნობ ვერტიკალურ წანაცვლებას და სოფლის მეურნეობის სპეციალიზაციის შესაბამის გაფართოებას, სუბნივალურ ზონაში მიწათმოქმედების განვითარების შესაძლებლობას. აღმოსავლეთ საქართველოს გვალვასაშიშ რაიონებში, წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების პირობებში, შეიქმნება რიგი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წელიწადში ორი მოსავლის მიღების, აგრეთვე მეცხოველეობის საკვები ბაზის გაძლიერების პირობები. შესაბამისად, მომავალში აუცილებელი გახდება ამ კუთხითაც საადაპტაციო ღონისძიებების გატარება.

ლიტერატურა

1. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე (რედ. ბ. ბერიტაშვილი და პ. ჯანელიძე). კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრი. თბილისი, 1999.
2. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. თბილისი, 2009.
3. Matisoff D.C. The adoption of climate change policies and renewable portfolio standards: regional diffusion or internal determinants Review of Policy Research (RPR), 2008, vol.25, No.6, pp. 527-546.
4. Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Development Strategies, Policies and Measures. UNDP, 2005.
5. კლიმატის ცვლილების მიმართ საადაპტაციო პოლიტიკის საფუძვლები. საქ. მეორე ეროვნული შეტყობინების მომამზად. ჯგუფი. თბილისი, 2006.
6. შვანგირაძე მ. კლიმატის ცვლილების კონვენცია და კიოტოს პროტოკოლი – საქართველოს ეკონომიკის მდგრადი განვითარების ერთ-ერთი ინსტრუმენტი. UNEP, GFSIS, MEPRS. თბილისი, 2006.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР, том 9, вып. 1. Гидрометеиздат, Ленинград, 1974
8. Богомолов Ю., Буачидзе И., Зедгинидзе И. Подземные воды. Мысль, Москва, 1983.

დანართები

DO NOT COPY

დანართი I

საკვანძო და მახასიათებელ სადგურებს შორის საშუალო წლიური ტემპერატურის (1951-1965) სხვაობათა ნიშნადობის დონის შეფასება

საკვანძო სადგური	მახასიათებელი სადგური	საშუალო წლიური ტემპერატ. სხვაობა, $\Delta T^{\circ}\text{C}$	ნიშნადობის დონე
თბილისი	ხაშური	3.2	0.999
	ცხინვალი	3.2	0.999
	გორი	1.8	0.999
	დუშეთი	3.3	0.999
	ბოლნისი	0.6	0.950
	გარდაბანი	-0.2	არანიშნადი
	საგარეჯო	1.9	0.999
	თელავი	1.0	0.999
	გურჯაანი	0.4	0.87
	ყვარელი	0.3	0.64
	ლაგოდეხი	0.1	არანიშნადი
	დ/წყარო	2.6	0.999
	შირაქი	2.5	0.999
ქუთაისი	სოხუმი	0.2	არანიშნადი
	ფოთი	0.2	არანიშნადი
	ქობულეთი	1.2	0.999
	კვეზანი	1.4	0.999
	ზუგდიდი	0.9	0.997
	მარტვილი	0.9	0.997
	სამტრედია	0.3	0.640
	ანასუელი	1.0	0.999
	ცაგერი	3.2	0.999
	ტყიბული	2.2	0.999
	საქარა	0.6	0.950
	სახხერე	2.9	0.999
ახალქალაქი	ადიგენი	-3.1	0.999
	ახალციხე	-4.0	0.999
	ასპინძა	-4.3	0.999
	კარწახი	0.8	0.98
	ეფრემოვკა	3.1	0.999
	ფარავანი	2.4	0.999
	წალკა	-0.9	0.995
დმანისი	-3.1	0.999	

დანართი II

საკვანძო სადგურებზე კლიმატურ პერიოდებს შორის ჰაერის ტემპერატურის საშუალო სეზონური და წლიური მნიშვნელობების ცვლილების ნიშნადობის დონეები P

სადგური	პერიოდები	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლიური
თბილისი	III-II III-I	0.60 0.999	0.78 0.998	0.84 0.999	არანიშნ. 0.64	0.82 0.999
ქუთაისი	III-II III-I	არანიშნ. არანიშნ.	0.72 არანიშნ.	არანიშნ. 0.60	0.00 არანიშნ.	0.0 0.0
ახალქალაქი	III-II III-I	არანიშნ. 0.68	0.68 0.98	0.95 0.95	არანიშნ. 0.68	0.0 0.74

შენიშვნები:

- ნიშნადობის დონის 0.90-ზე დაბალი მნიშვნელობები მიღებულია სტიუდენტის t - კრიტერიუმის გამოსათვლელ ცხრილურ მონაცემთა ექსტრააპოლაციით.
- ტემპერატურის ცვლილების ნულოვან მნიშვნელობას შეესაბამება ნიშნადობის ნულოვანი დონე (P=0).
- t - კრიტერიუმის მნიშვნელობას $t < 1$ შეესაბამება არანიშნადობის აღნიშვნა (P < 0.60).

დანართი III

ზოგადი ინდიკატორები კლიმატის ცვლილების მიმართ ანთროპოგენური და ბუნებრივი სისტემების მოწყვლადობის შესაფასებლად

ანთროპოგენური სისტემები	ბუნებრივი სისტემები
ეკონომიკური ინდიკატორები	
<ul style="list-style-type: none"> • ჯამური ზარალი, ან ზარალი ერთ სულ მოსახლეზე (ფულად ერთეულებში) • განადგურებული მოსავლის რაოდენობა (ნატურალურ გამოსახულებაში ან ფულად ერთეულებში) • დაღუპული საქონლის რაოდენობა (სულ) • ბიდან გამოყვანილი ან მოტაცებული მიწების რაოდენობა (ჰა, %) • მშპ ცვლილება (ფულად ერთეულებში, %) • ერთ სულ მოსახლეზე შემოსავლის ცვლილება (ფულად ერთეულებში, %) • მწყობრიდან გამოყვანილი საწარმოო და ინფრასტრუქტურული ერთეულების (შენობა-ნაგებობების, გზების, ხიდების, საკომუნიკაციო სისტემების და სხვ.) რაოდენობა (ერთეული, %) • საწარმოო დარგების პროდუქტიულობის ცვლილება (%) • იმპორტ/ექსპორტის მოცულობის ცვლილება (%) • სატრანსპორტო სისტემების ფუნქციონირების ეფექტურობის ცვლილება (%) • სარწყავი/საირიგაციო სისტემების ეფექტურობის ცვლილება (%) 	<ul style="list-style-type: none"> • სათიბ – საძოვრების ფართობის შემცირება (ჰა, %) • ტყის ფართობის შემცირება (ჰა, %) • ტყის ჯიშობრივი შემადგენლობის ცვლილება (კატეგორიებად, %) • გახრიოკებული (გამოუსადეგარი) მიწების ფართობის ზრდა (ჰა, %) • მდინარეულ ჩამონადენის ცვლილება (მმ/წმ, %)

ანთროპოგენური სისტემები	ბუნებრივი სისტემები
სოციალური ინდიკატორები	
<ul style="list-style-type: none"> • დაღუპულ და დაშავებულ ადამიანთა რაოდენობა (რიცხვი, %) • უსახლკაროდ დარჩენილი ადამიანების რაოდენობა (რიცხვი, %) • მიგრანტების რაოდენობა (რიცხვი, %) • უმუშევართა რაოდენობა (რიცხვი, %) • მწყობრიდან გამოყვანილი სოციალური დანიშნულების ობიექტების (სკოლების, საავადმყოფოების) რაოდენობა (რიცხვი,%) • მოსახლეობის ასაკობრივი სტრუქტურის ცვლილება (კატეგორიებად, %) • განათლების სისტემის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილება (კატეგორიებად, %) • ჯანდაცვის სისტემის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილება (კატეგორიებად, %) • ინფექციურ და კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულ სხვა დაავადებათა სიხშირისა და გავრცელების ცვლილება (კატეგორიებად, %) • შიმშილობის ზღვარს მიღმა მყოფი ადამიანების რაოდენობა (კატეგორიებად, %) 	
გარემოსდაცვითი ინდიკატორები	
<ul style="list-style-type: none"> • ბუნებრივი გარემო პირობების გაუარესების შედეგად დაღუპულ და დასნეულებულ ადამიანთა რაოდენობა (კატეგორიებად, %) 	<ul style="list-style-type: none"> • ბუნებრივი გარემოს კომპონენტების (ჰაერის, წყლის, ნიადაგის) დატუჭყიანების ხარისხის ცვლილება (კატეგორიებად, %) • ბიომრავალფეროვნების ცვლილება (კატეგორიებად,%)

დანართი IV

ინდიკატორების/ელემენტების საორიენტაციო ჩამონათვალი ეკონომიკის ცალკეულ დარგებში მოწვევადობის შესაფასებლად

(ცხრილში მოყვანილია აგრეთვე დროის პერიოდი, რომლის განმავლობაში შეიძლება შეფასდეს სისტემის მოწვევადობა აღნიშნული ინდიკატორის შესაფასებლად)

ეკონომიკის დარგები	ინდიკატორი/ელემენტი	დროის პერიოდი
სოფლის მეურნეობა	წამყვანი კულტურებით დაკავებული ფართობი (კატეგორიებად, ჰა)	წელიწადი
	- წამყვანი კულტურების მოსავლიანობა (კატეგორიებად, ტ/ჰა)	წელიწადი
	- საქონლის რაოდენობა (კატეგორიებად, სულ)	წელიწადი
	- საქონლის პროდუქტიულობა (კატეგორიებად კგ/სულ) წელიწადი	წელიწადი
	- ექსპორტ/იმპორტის მაჩვენებელი (ტონა ან ლარი)	
	- დარგში დასაქმებულ პირთა რაოდენობა (კატეგორიებად, %)	
	- სოფლად უმუშევართა რაოდენობა (რიცხვი, %)	
	- მიგრანტების რაოდენობა (რიცხვი, %)	
	- მოსახლეობის ასაკობრივი სტრუქტურა (კატეგორიებად, %)	
	- შემოსავალი ერთ სულ მოსახლეზე (ფულად ერთეულებში)	
	- სავარგულების ფართობი (ჰა)	
	- სარწყავი/ურწყავი მიწების ფართობი (ჰა,%)	
	- გამოუყენებელი მიწების ფართობი (ჰა,%)	
	- სათიბ/საძოვრების ფართობი (ჰა, %)	
	- ხმარებიდან გამოყვანილი მიწების ფართობი (ჰა, %)	
	- სარწყავი/საირიგაციო სისტემების მახასიათებლები	

ეკონომიკის დარგები	ინდიკატორი/ელემენტი	დროის პერიოდი
მეტყველობა	- ტყით დაფარული ფართობი კატეგორიებად (ჰა, %)	საკვლევი პერიოდი
	- ტყის ჯიშობრივი შემადგენლობა (კატეგორიებად, %)	
	- ტყის ხარისხობრივი მახასიათებლები	
	- დაავადებათა გაერცვლება	
	- მერქნის ნაზარდი (მ3/ჰა.წ)	
	- ხე-ტყის დამმუშავებელ საწარმოთა რაოდენობა და წარმადობა (მ3/წ)	
	- ექსპორტ/იმპორტის მაჩვენებლები (ფულად ერთეულებში)	
წყლის რესურსების მართვა	- ცალკეული მდინარის ჩამონადენი (მ3/წ)	საკვლევი პერიოდი
	- წყლის მარაგი წყალსატევში (მ3)	საკვლევი პერიოდი
	- ცალკეული მდინარის აუზში წყალადების კოეფიციენტი (ერთის ნაწილებში)	საკვლევი პერიოდი
	- ეკონომიკის ცალკეულ დარგებში გამოყენებული წყლის რაოდენობა (მ3)	
ჰიდროენერგეტიკა	- გამომუშავებული ელექტროენერჯიის რაოდენობა (კვტ. სთ)	საკვლევი პერიოდი
	- ექსპორტ/იმპორტის მაჩვენებლები	
	- გამომუშავებული ელექტროენერჯიის თვითღირებულება (ცენტ/ კვტ.სთ)	
თბური ენერგეტიკა და ტრანსპორტი	- ენერგომატარებელთა ექსპორტ/იმპორტის მაჩვენებლები	საკვლევი პერიოდი
	- კლიმატურ რისკებთან დაკავშირებული ავარიების რაოდენობა და გამოწვეული ზარალი (კატეგორიებად, ფულად ერთეულებში)	
	- კლიმატურ რისკებთან დაკავშირებით სისტემების მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევათა რაოდენობა, მოცდენის დრო კატეგორიებად, სთ) და შესაბამისი ზარალი ფულად ერთეულებში)	

--	--	--

ეკონომიკის დარგები	ინდიკატორი/ელემენტი	დროის პერიოდი
კომუნალური მეურნეობა	- ერთ სულ მოსახლეზე მოხმარებული წყლის რაოდენობა (მ3)	საკვლევი პერიოდი
	- ერთ სულ მოსახლეზე მოხმარებული ელექტროენერჯიის (კვტ.სთ) და გაზის (მ3) რაოდენობა	
	- კლიმატურ მოვლენებთან დაკავშირებით სისტემების მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევათა რაოდენობა, მოცდენის დრო (კატეგორიებად, სთ) და შესაბამისი ზარალი (ფულად ერთეულებში)	
	- გათბობის გრადუს-დღეების რაოდენობა	
	- გაგრილების გრადუს-დღეთა რაოდენობა	
ტურიზმი	-ტურისტთა რაოდენობა	წელიწადი
	- ტურისტულ მომსახურებაში დასაქმებულ პირთა რაოდენობა	
	- ტურისტული ობიექტების/მარშრუტების რაოდენობა	
	- მეტეო ელემენტებთან და კლიმატურ რისკებთან დაკავშირებით მწყობრიდან გამოსული ობიექტების/მარშრუტების რაოდენობა (კატეგორიებად, რიცხვი, %)	
	- კლიმატური მოვლენებთან დაკავშირებით ტურისტული ობიექტებისთვის მიყენებული ზარალი (ფულად ერთეულებში)	
	- კლიმატურ მოვლენებთან დაკავშირებით დაღუპული ტურისტების რაოდენობა	
	- ტურიზმიდან მიღებული შემოსავალი (ფულად ერთეულებში)	
	- ტურიზმიდან მიღებული შემოსავალი (ფულად ერთეულებში)	
სანაპირო ზოლის ინფრასტრუქტურა	-ზღვის დონის აწევის შედეგად სანაპირო ზოლის კარგვის სიჩქარე (ჰა/წ)	5-10 წელი
	- წყალდიდობების შედეგად დატბორილი მიწის ფართობი (ჰა,%)	მოვლენის ხანგრძლივობა, წელი

	- საძოვრის, ტყის პროდუქტიულობა ნატურალურ ერთეულებში)	
კონომიკის დარგები	ინდიკატორი/ელემენტი	დროის პერიოდი
	- დამლაშებული/ დაჭაობებული მიწების ფართობი (ჰა)	5-10 წელი
	- ქალაქის/პორტის ინფრასტრუქტურისადმი მიყენებული ზარალი წყალდიდობებისა და შტორმული მოდინების დროს (კატეგორიებად, ფულად ერთეულებში)	მოვლენის ხანგრძლივობა, წელი
	- კლიმატურ მოვლენებთან დაკავშირებით საწარმოო ობიექტების, კომუნალური სისტემების წყობრიდან გამოსვლის შემთხვევათა რაოდენობა, უმოქმედობის პერიოდი (კატეგორიებად, სთ) და შესაბამისი ზარალი (ფულად რთეულებში)	მოვლენის ხანგრძლივობა, წელი
	- დაღუპულ და დაშავებულ ადამიანთა რაოდენობა	
	- დაღუპული საქონლის რაოდენობა	
	- საირიგაციო სისტემების მწყობრიდან გამოსვლის მაჩვენებლები (კმ, %) და მათ აღსადგენად საჭირო თანხები (ფულად რთეულებში)	
	- რეკრეაციული ობიექტებისადმი მიყენებული ზარალი ატეგორიებად, ფულად ერთეულებში)	
	- სატრანსპორტო სისტემებისადმი მიყენებული ზარალი კატეგორიებად, ფულად ერთეულებში)	
	- შემოსავალი ერთ სულ მოსახლეზე (ფულად ერთეულებში)	1-10 წელი
	- მიგრანტთა რაოდენობა	1-10 წელი
	- უმუშევართა რაოდენობა	1-10 წელი
ჯანდაცვა	- ინფექციურ და კლიმატის ცვლილებებით გამოწვეულ სხვა	

	დაავადებათა სიხშირე და გავრცელება (კატეგორიებად)	
	კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულ დაავადებათა შედეგად დაღუპულ ადამიანთა რაოდენობა (რიცხვი, %)	1-10 წელი
	- სითბური სტრესისგან დაღუპულ ადამიანთა რაოდენობა (რიცხვი,%)	მოვლენის ხანგრძლივობა, წელი
	- სტიქიურ მოვლენებთან დაკავშირებით დაღუპულ და დაშავებულ ადამიანთა რაოდენობა (რიცხვი,%)	მოვლენის ხანგრძლივობა, წელი
	- სტიქიურ მოვლენებთან დაკავშირებით მოშიმშილე ადამიანთა რაოდენობა (რიცხვი, %)	მოვლენის ხანგრძლივობა, წელი

დანართი V

კლიმატური რისკების მიმართ მოწყვლადობის შესაფასებელი ინდიკატორების/ელემენტების ჩამონათვალი

კლიმატური რისკები	ინდიკატორი/ ელემენტი	დროის პერიოდი
1. უხვი ნალექები	- დაზარალებული ტერიტორიის ფართობი (ჰა)	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- დაღუპულ და დაშავებულ ადამიანთა რაოდენობა	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- დაღუპული საქონელი (სული)	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- მწყობრიდან გამოყვანილი ობიექტების რაოდენობა	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- დაღუპული მოსავლის შეფასება (კატეგორიებად, ტონა ან ჰა)	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- მატერიალური ზარალი (ფულად ერთეულებში)	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- ზარალის აღსადგენად საჭირო თანხები (ფულად ერთეულებში)	
	- სტიქიური მოვლენით გამოწვეული ზარალის მომავალში თავიდან ასაცილებლად საჭირო ღონისძიებათა ღირებულება (ფულად ერთეულებში)	
	- მდინარის მიერ ჩარეცხილი/ მიტაცებული მიწის ფართობი (ჰა) მოვლენის ხანგრძლივობა	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- ინფექციურ და სხვა დაავადებათა სიხშირე და გავრცელება (კატეგორიებად)	წელი
-- დაზარალებულ რეგიონში შემო-	წელი	

	სავალი ერთ სულ მოსახლეზე (ფულად ერთეულებში)	
	- მიგრანტთა რაოდენობა (რიცხვი, %)	წელი
	- უმუშევართა რაოდენობა (რიცხვი, %)	წელი
	- მოშიმშილე ადამიანთა რაოდენობა (რიცხვი, %)	წელი
	- ბიომრავალფეროვნებისთვის მიყენებული ზარალი (ნაკრძალებში და სხვ., კატეგორიებად)	წელი

კლიმატური რისკები	ინდიკატორი/ ელემენტი	დროის პერიოდი
2. გვალვა	- გვალვით მოცული ტერიტორიის ფართობი (ჰა,კმ2)	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- გვალვის ხანგრძლივობა (დღე)	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- მეტეოროლოგიური მახასიათებლები (ტემპერატურა, ნალექები, სინოტივე, ქარი)	მოვლენის ხანგრძლივობა
	- ძირითადი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის ცვლილება (კატეგორიებად, %)	წელი
	- განადგურებული მოსავლის შეფა-სება (კატეგორიებად, ტონა ან ჰა)	წელი
	- მატერიალური ზარალი (ფულად ერთეულებში)	წელი
	-გვალვით მოცულ რეგიონში შემოსავალი ერთ სულ მოსახლეზე (ფულად ერთეულებში)?	წელი
	- უმუშევართა რაოდენობა (რიცხვი, %)	წელი
	- მიგრანტთა რაოდენობა (რიცხვი, %)	
	- მოშიმშილე ადამიანთა რაოდენობა (რიცხვი, %)	წელი
	- ბიომრავალფეროვნებისათვის მიყენებული ზარალი (ნაკრძალებში და	წელი

	სხვ. კატეგორიებად)	
	- დეგრადირებული მიწების ფართობი (ჰა, %)	1-10 წელი
	- დეგრადირებული ტყეების ფართობი (ჰა, %)	1-10 წელი
	- სარწყავი წყლის დეფიციტი მოსავლის შესანარჩუნებლად (კატეგორიებად, მ3/ჰა)	წელი
	- გვალვით მოცულ რეგიონში ძირითადი პროდუქციის ქსპორტ/იმპორტის მაჩვენებლები (კატეგორიებად)	წელი
	- ჰიდროელექტროენერჯის გამომუშავების შემცირება (%)	წელი
	- მეცხოველეობაში წარმოების შემცირება (სულადობა, პროდუქტიულობა – კატეგორიებად, %)	წელი

DO NOT COPY

კლიმატური რისკები	ინდიკატორი/ ელემენტი	დროის პერიოდი
3. თოვლის ზვავები	- სეზონის განმავლობაში ჩამოსული ზვავების რაოდენობა (რიცხვი, მრავალწლიური საშუალოს %)	სეზონი
	- ზვავების მიერ დაზარალებული ტერიტორიის ფართობი (კმ2, %)	სეზონი
	- დაღუპულ და დაშავებულ ადამიანთა რაოდენობა	სეზონი
	- დაღუპული საქონლის რაოდენობა	სეზონი
	- დანგრეული და დაზიანებული სახლებისა და სხვა ობიექტების რაოდენობა (კატეგორიებად)	სეზონი
	- შესაბამისი მატერიალური ზარალი (ფულად ერთეულებში)	სეზონი
	- დაზიანებული ობიექტების აღსადგენად საჭირო სახსრები	

	(ფულად ერთეულებში)	
	- მიგრანტთა რაოდენობა (რიცხვი, %)	წელი
	- სატრანსპორტო სისტემებისთვის მიყენებული ზარალი (ფულად ერთეულებში)	სეზონი
	- განადგურებული ტყეების ფართობი (ჰა)	სეზონი
	- მწყობრიდან გამოსული და დაზიანებული გზები, ელექტროხაზები, მილსადენები და სხვა სისტემები (კატეგორიებად, კმ)	სეზონი
	- სტიქიური მოვლენით გამოწვეული ზარალი მომავალში თავიდან ასაცილებლად საჭირო ღონისძიებათა ღირებულება (ფულად ერთეულებში)	

DO NOT COPY

კლიმატური რისკები	ინდიკატორი/ ელემენტი	დროის პერიოდი
4. მეწყერი	- ჩამოსული მეწყერის რაოდენობა	სეზონი, წელი
	- მეწყერის მიერ დაზარალებული ტერიტორიის ფართობი (ჰა, %)	სეზონი, წელი
	- დაღუპულ და დაშავებულ ადამიანთა რაოდენობა	სეზონი, წელი
	- განადგურებული და დაზარალებული სახლებისა და სხვა ობიექტების რაოდენობა (კატეგორიებად)	სეზონი, წელი
	- დაღუპული საქონლის რაოდენობა	სეზონი, წელი
	- მწყობრიდან გამოსული მიწის ფართობი (ჰა, %)	სეზონი, წელი
	- მწყობრიდან გამოსული და დაზიანებული გზები, ელექტროხაზები, მილსადენები და სხვა სისტემები (კატეგორიებად, კმ)	სეზონი, წელი
	- შესაბამისი მატერიალური ზარალი (ფულად ერთეულებში)	სეზონი, წელი
	- მიგრანტთა რაოდენობა	სეზონი, წელი

	- სტიქიური მოვლენით ამოწვეული ზარალის მომავალში თავიდან ასაცილებლად საჭირო ღონისძიებათა ღირებულება (ფულად ერთეულში)	
5. ღვარცოფი	- ღვარცოფის შემთხვევათა რაოდენობა	1-10 წელი
	- დაზარალებული ტერიტორიის ფართობი (ჰა, %)	1-10 წელი
	- დაღუპულ და დაშავებულ ადამიანთა რაოდენობა	1-10 წელი
	- განადგურებული და დაზიანებული სახლებისა და სხვა ობიექტების რაოდენობა (კატეგორიებად)	1-10 წელი
	- ხმარებიდან გამოსული მიწის ფართობი (ჰა, %)	1-10 წელი
	- მწყობრიდან გამოყვანილი და დაზიანებული გზები, ელექტროსახები, მილსადენები და სხვა სისტემები (კატეგორიებად, კმ)	1-10 წელი
	- შესაბამისი მატერიალური ზარალი (ფულად ერთეულში)	1-10 წელი
	- სტიქიური მოვლენით გამოწვეული ზარალის მომავალში თავიდან ასაცილებლად საჭირო ღონისძიებათა ღირებულება (ფულად ერთეულში)	

საადაპტაციო საპროექტო წინადადებების მაგალითები

საადაპტაციო საპროექტო წინადადებების მიზანს შეადგენს მოცემულ რეგიონში კლიმატის ცვლილების უარყოფითი ზემოქმედებით გამოწვეული შედეგების შემსუბუქება და ხელსაყრელი გარემოს შექმნა ეკონომიკის მდგრადი განვითარების უზრუნველსაყოფად, რაც განაპირობებს მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესებას.

მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში შავი ზღვის სანაპირო ზონისთვის დამუშავდა 3 საპროექტო წინადადება, რომელთა განხორციელების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად შემცირდება საქართველოს ამ ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიული ეკონომიკური რეგიონის მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილების მიმართ. მათგან ორის ძირითადი შინაარსი მოყვანილია ქვემოთ.

დანართი VI

კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული რისკების მენეჯმენტი მდ. რიონის დელტაში

პროექტის მიზანი: პროექტის მიზანს შეადგენს სანაპირო ზონაში მდებარე დასახლებების, ქალაქ ფოთისა და ფოთის პორტის და რიონის დელტაში არსებული ინფრასტრუქტურის მოწყვლადობის შემცირება კლიმატის ცვლილებით საფრთხეების მიმართ. პროექტის ამოცანაა რიონის დელტაში წინასწარი შეტყობინების სისტემის დანერგვისა და რისკების მართვის საშუალებით შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზონაში დაბლობი რაიონების მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფა.

პროექტის მონაწილეები: ფოთის მუნიციპალიტეტი, ფოთის პორტის ადმინისტრაცია, სანაპირო დაცვის სამსახური, ადგილობრივი სადამკვირვებლო ქსელი, მდ. რიონზე არსებული ჰიდროელექტროსადგურები, კერძო სექტორი და საქართველოს მთავრობა.

პრობლემის არსი: სანაპირო ზონის შერჩეულ სექტორში კლიმატის ცვლილების უარყოფით შედეგებთან ბრძოლის გზაზე არსებული ძირითადი ბარიერებია:

- ❖ წინასწარ გამიზნული საადაპტაციო პრაქტიკის განსახორციელებლად საჭირო სათანადო ცოდნის, ტექნოლოგიებისა და პოლიტიკის არარსებობა. ამის გამო კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული სტიქიურ მოვლენებზე რეაგირება აქამდე მხოლოდ შედეგებთან ბრძოლით შემოიფარგლებოდა, რაც მძიმე ტვირთად აწვება რეგიონის ეკონომიკის, მათ შორის ადგილობრივ ბიუჯეტს.
- ❖ არ არსებობს მონიტორინგის სისტემა, რომელიც უწყვეტად გააკონტროლებს და უზრუნველყოფს სანაპირო დაცვას და მოსახლეობის დროულ გაფრთხილებას შესაძლო საფრთხის შესახებ.

შავი ზღვის სანაპიროს საქართველოს სექტორში სანაპირო ზონის მენეჯმენტი ჯერ არაა პრაქტიკაში შემოღებული და იგი მოითხოვს სათანადო დანერგვას

სანაპირო ზონის განვითარების გეგმებში ადაპტაციის საკითხების გათვალისწინებით

პროექტის ფარგლებში ჩასატარებელი საქმიანობა: პროექტის მიზნის მისაღწევად და ზემოთ ხსენებული ბარიერების დასაძლევად გადასატარებელია შემდეგი ამოცანები:

- ❖ წინასწარი გაფრთხილების სისტემის შექმნა რიონის დელტაში შერჩეულ ადგილებზე კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების მონიტორინგის ჩასატარებლად და მოულოდნელი საფრთხეების თავიდან ასაცილებლად, გრძელვადიანი პროგნოზის შესაძლებლობის გათვალისწინებით;
- ❖ ადგილობრივი ადმინისტრაციისათვის, მისი მონაწილეობით, ადაპტაციის მეთოდური სახელმძღვანელოს მომზადება;
- ❖ დაინტერესებულ მხარეთა ცნობიერების ამაღლება კადრების მომზადების გზით, მათ შორის სამუშაო ადგილზე ტრენინგების ჩატარებითა და პროექტით გათვალისწინებულ სამუშაოებში უშუალო მონაწილეობით.

2. საკანონმდებლო და მარეგულირებელი ბაზის შექმნა რიონის დელტაში კლიმატის ცვლილების მიმართ საადაპტაციო ღონისძიებათა ჩატარების ხელშეწყობის მიზნით:

- ❖ საადაპტაციო ღონისძიებათა დაგეგმარება და შესაბამისი პროცედურების შემუშავება მოწვევადი თემებისა და ეკონომიკის დარგებისათვის;
- ❖ დაინტერესებულ მხარეთა მონაწილეობით საკანონმდებლო ბაზის სრულყოფა და დაგეგმარების მექანიზმის ამოქმედება;
- ❖ სანაპირო ზონის ინტეგრირებული მართვის (ICAM) გეგმაში კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული საკითხების გათვალისწინება.

3. ადგილობრივ დონეზე ცნობიერების ამაღლება კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული საკითხებისა და მათი შემარბილებელი საადაპტაციო ღონისძიებების შესახებ. ცნობიერების ასაძლევლად და სათანადო ღონისძიებათა ჩასატარებლად საჭიროა:

- ❖ მექანიზმებისა და პროცედურების შემოღება პროექტის შედეგებზე დაკვირვებისა და შეფასებების ჩასატარებლად;
- ❖ საადაპტაციო ცოდნის მექანიზმისა (ALM) და სხვა მექანიზმის გამოყენებით ინფორმაციის შეგროვება, ანალიზი და გავრცელება.

პროექტის ღირებულება: 100 000 აშშ დოლარი – წინასწარი შეფასებები და მოსამზადებელი სამუშაოები; 1 000 000 აშშ დოლარი – პროექტის განხორციელება.

VII. ნაპირდაცვითი ღონისძიებები ბათუმი-ადლიას სანაპირო ზონაში

პროექტის მიზანი: პროექტის მიზანს შეადგენს კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული და ანთროპოგენული ზეწოლით გაძლიერებული საფრთხეების მიმართ ბათუმი-ადლიას სანაპირო ზოლის მოწვევადობის შემცირება. პროექტის მიზანია ზღვის ტალღების დამანგრეველი ზემოქმედებისაგან ბათუმი-ადლიას საკურორტო სანაპირო ზონისა და ბათუმის აეროპორტის

ინფრასტრუქტურის დაცვა ნაპირშემქმნელი მასალის ჩაყრისა და ნაშალი დამკავებელი მოლის აგების გზით.

პროექტის მონაწილეები: ბათუმის მუნიციპალიტეტი, სანაპირო დაცვის სამსახური, ბათუმის აეროპორტი, აჭარის მთავრობა.

პრობლემის არსი: მე-19 საუკუნეში ბათუმის პორტის აგებამ ზღვის სანაპირო ზოლის გასწვრივ ნატანის განაწილების ბუნებრივი პროცესის დარღვევის შედეგად დიდი ზემოქმედება მოახდინა აჭარის სანაპირო ზონის და, განსაკუთრებით, მისი ადლია-ბათუმის მონაკვეთის ეკოლოგიაზე. აღნიშნული პროცესების გამო მე-20 საუკუნეში წარმოიქმნა ბათუმის აკუმულაციური კონცი, რასაც თან მოჰყვა ბათუმი-ადლიას სანაპირო ზონის წარეცხვა, რომელსაც კვებავდა მდ. ჭოროხის ნატანი. მდგომარეობა კატასტროფულად დამძიმდა 2000-იანი წლების დასაწყისიდან თურქეთში მდ. ჭოროხზე ჰიდროელექტროსადგურების კასკადზე კაშხალების მშენებლობის დაწყების შედეგად. ამჟამად ნაპირის წარეცხვის სიჩქარე გაიზარდა 3-5 მეტრამდე წელიწადში, მაშინ, როდესაც მე-20 საუკუნის განმავლობაში იგი შეადგენდა 2.2 მ/წელი.

ნაპირის წარეცხვის ეს პროცესი ძლიერდება გლობალური დათბობით გამოწვეული ზღვის დონის მუდმივი აწევით, რომლის სიჩქარე ტოლია დაახლოებით 2.5 მმ/წელი. კლიმატის მიმდინარე ცვლილებამ გამოიწვია აგრეთვე რეგიონში შტორმული მოდენების სიხშირისა და ინტენსივობის შესამჩნევი ზრდა, რასაც დამატებითი წვლილი შეაქვს სანაპირო ზოლის წარეცხვის დაჩქარებაში.

აჭარის სანაპირო ზონაში ნაპირდაცვითი ღონისძიებები ტარდებოდა მე-20 საუკუნის დასაწყისიდან. აგებული იქნა სხვადასხვა ტიპის რკინაბეტონის ნაპირსამაგრი კონსტრუქციები, მაგრამ მათ ვერ უზრუნველყვეს აჭარის სანაპირო ზოლის დაცვის პრობლემების გადაჭრა. 1982 წლიდან აქ დაინერგა ნაპირშემქმნელი პროცესების რეაბილიტაციისა და მართვის ახალი მეთოდი, რომელიც ეყრდნობა არსებული დეფიციტის შევსებას მდ. ჭოროხის შესართავიდან ტრანსპორტირებული ნაპირშემქმნელი მასალით.

განხორციელებული ზომების შედეგად შესაძლებელი გახდა ადლიას სანაპირო ზოლის წარეცხვის შეჩერება და საფრთხის თავიდან აცილება, როგორც ბათუმის აეროპორტის ასაფრენი ბილიკისათვის, ისე ადგილობრივი მოსახლეობის საცხოვრებელი სახლებისათვის.

1991 წლიდან ნაპირდაცვითი სამუშაოების ჩატარება შეჩერდა, რის შედეგადაც ნაპირის უკან დახევის პროცესი მკვეთრად გააქტიურდა.

პროექტის ფარგლებში ჩასატარებელი სამუშაოები: ზღვის სანაპირო ზოლის ბათუმი-ადლიას მონაკვეთის დასაცავად ბოლო პერიოდში შემუშავდა რიგი ნაპირდამცავი ღონისძიებებისა, რომლებიც თავმოყრილია ცხრილში VII.1. ნაპირდაცვის სცენარები შეფასებულ იქნა მორფოლოგიური და ეკონომიკური თვალსაზრისით.

ცხრილი VII.1. ნაპირდაცვის სცენარები ბათუმი-ადლიას მონაკვეთისთვის.

№	ნაპირდაცვითი ღონისძიების მოკლე შინაარსი	მოქნილობა	საიმედოობა	რისკ-ფაქტორი	ღირებულება, მლნ აშშ დოლარი
1	პლაჟშემქმნელი მასალის რეფულირება ადლიას ავარიულ უბანზე. ყოველწლიურად 150-200 ათასი მ ³ მასალის ჩაყრა სანაპირო ზოლში	++	+	0	65
2	ნატანდამჭერი მოლის აგება ბათუმის წყალქვეშა კანიონის წინ და პლაჟშემქმნელი მასალის რეფულირება ადლიას ავარიულ უბანზე (კომბინირებული მეთოდი). მოლთან დაჭერილი ნატანის მარაგის პერმანენტული შევსება.	++	-	-	88
3	ბუნების სისტემის მშენებლობა ადლია-ბათუმის სანაპირო ზონაში. ბუნებს შორის 750 ათასი მ ³ ინერტული მასალის ჩაყრა 25 წლის განმავლობაში. ბუნებს შორის რეკრეაციული პლაჟების შექმნის შემთხვევაში იგივე პერიოდში 2 მლნ მ ³ პლაჟშემქმნელი მასალის შეტანა.	-	0	0	65 (პლაჟების შექმნის გარეშე)
4	ქვანაყარი ბერმის მოწყობა მწვავე ავარიულ უბანზე ადლიაში (დაახლოებით 2 კმ). პლაჟშემქმნელი მასალის ყოველწლიურად ჩაყრა 50 ათასი მ ³ მოცულობით.	-	0	0	18-20

აღნიშვნები: ++) მეტად დადებითი +) დადებითი 0) ნეიტრალური
-) უარყოფითი

განხილული სცენარების ანალიზმა აჩვენა, რომ უპირატესობა უნდა მიეცეს იმ პროექტებს, რომლებიც ითვალისწინებს ნაპირშემქმნელი მასალის ხელოვნურ ჩაყრებს, ანუ პირველ და მეორე სცენარებს.

პროექტის ღირებულება: ცხრილში მოყვანილი საფინანსო შეფასებებისა და ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებების გათვალისწინებით პროექტის საერთო ღირებულება შეიძლება შეფასდეს 65-88 მლნ აშშ დოლარის ფარგლებში.

ლენტეხის რაიონისთვის, სადაც კლიმატის ცვლილების შედეგად შესაძინევად გაძლიერდა მიწის ეროზიის პროცესები, დამუშავდა ერთი საპროექტო წინადადება.

VIII. თხილის ნარგავების გაშენება ლენტეხის რაიონში

პროექტის მიზანი: პროექტის მიზანს შეადგენს ლენტეხის რაიონის მოწყვლადობის შემცირება მეწყერების მიმართ, რომლებიც ამ რაიონში მნიშვნელოვნად გააქტიურდა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ზეგავლენით. პროექტის ამოცანაა მეწყერსაშიშ ფერდობებზე მძლავრი ფესვთა სისტემის მქონე თხილის ნარგავების გაშენება რაიონში მიწის შემდგომ ეროზიასთან საბრძოლველად, რომელიც ამჟამად მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს ნათესებსა და ტყეებს, გზებსა და სხვა კომუნიკაციებს, უწყობს რა ხელს მოსახლეობის საცხოვრებელი პირობების გაუარესებას და მიგრაციული პროცესების გაძლიერებას.

პროექტის მონაწილენი: ადგილობრივი მოსახლეობა

პრობლემის არსი: მიწის დეგრადაცია ლენტეხის რაიონისთვის წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე აქტუალურ პრობლემას. იგი მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენს არა მხოლოდ სოფლის მეურნეობაზე, არამედ ტყეებზე, სატრანსპორტო და საყოფაცხოვრებო სექტორებზე და, აგრეთვე დემოგრაფიულ სიტუაციაზე. ბოლო 2 ათწლეულის მანძილზე რაიონის მოსახლეობა შემცირდა 34%-ით.

კლიმატის ცვლილებით გაძლიერებულმა სტიქიურმა მოვლენებმა (თქეში ნალექები, უხვი თოვლიანობა, წყალმოვარდნები და გვალვა) ბოლო პერიოდში უფრო ხშირი ხასიათი მიიღო რაიონში, რამაც გამოიწვია ეროზიული პროცესების გაძლიერება. საგრძნობლად დაზარალდა რაიონის აგროსამრეწველო სექტორი. სახნავი მიწების ფართობი 2 200 ჰა-დან (1990 წ.) შემცირდა 1 500 ჰა-მდე (2007 წ.). ამავე პერიოდში სათიბების ფართობი შემცირდა 1 300 ჰა-თი, საძოვრების – 6 00 ჰა-თი. მრავალწლიან ნარგავთა ფართობი 390 ჰა-დან შემცირდა 130 ჰა-მდე, თითქმის განახევრდა პირუტყვის სულადობა.

სტიქიური მოვლენების გახშირება - გამწვავებამ, აგროსამრეწველო სექტორის დასუსტებამ და უზოზობამ განაპირობა რაიონის დეპოპულაცია: თუ 1987 წელს რაიონში ცხოვრობდა 14 500 მოსახლე, 2008 წლისთვის მათი რაოდენობა შემცირდა 9 600- მდე, ანუ 34 %-ით. მარტო 2004 წლის წყალდიდობებისა და მეწყერების შედეგად რაიონი ერთ წელიწადში დატოვა 400-მდე ოჯახმა.

ამჟამად ლენტეხის რაიონში დეგრადირებული მიწების ფართობი აღწევს 1 000 ჰა-ს. ბოლო 20 წლის მანძილზე წყალდიდობებმა რაიონში მოიტაცა 80 ჰა სამისახლო და საკარმიდამო მიწის ფართობი, მეწყერებისაგან განადგურდა 150 ჰა-ზე მეტი ტყის ფართობი. ეროზიულ პროცესებს რაიონში აძლიერებს ანთროპოგენული ზემოქმედება – ტყის უკანონოდ ჭრა, დამრეც ფერდობებზე სათოხნი კულტურების წარმოება.

პროექტის ფარგლებში დაგეგმილი სამუშაოები: საპროექტო წინადადება მიმართულია ლენტეხის რაიონში მეწყერსაშიშ უბნების სტაბილიზაციისაკენ.

პროექტის საპილოტო ფაზის ფარგლებში ჩასატარებელი საქმიანობა შედგება შემდეგი ღონისძიებებისაგან:

- ❖ რაიონის 20-მდე სოფლის მიმდებარე ტერიტორიებზე მცირე (0.5-2.5 ჰა) ფართობების შერჩევა თხილის ნარგავების გასაშენებლად, საერთო ფართობით 50-ჰა-მდე. ადგილობრივი მოსახლეობა თანახმა უნდა იყოს მონაწილეობა მიიღოს ნარგავთა გაშენებასა და მოვლა – პატრონობაში;
- ❖ შერჩეულ ნაკვეთებზე პლანტაციების გაშენება და საოპერაციო სტადიაში შეყვანა;
- ❖ თხილის მოსავლის მიღება და რეალიზაცია.

საპილოტო პროექტის წარმატებით განხორციელების შემთხვევაში საერთო ჯამში რაიონის ტერიტორიაზე შესაძლებელი იქნება კლიმატის ცვლილებისა და ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად რამდენიმე ასეული დეგრადირებული და გამოუყენებელი მიწების რეაბილიტაცია. ეს საშუალებას მისცემს რაიონს: (ა) შეაჩეროს დახრილ ფერდობებზე მიწის ეროზიის მზარდი ტენდენცია და მოახდინოს ეროზიის სტადიაში მყოფი მიწის ნაკვეთების სტაბილიზაცია; (ბ) ნაწილობრივ აღადგინოს ეროზირებული სახნავი მიწები და 200 ჰა-მდე მრავალწლიანი ნარგავთა; (გ) თხილის ნაყოფზე მზარდი მოთხოვნების გათვალისწინებით გაზარდოს ადგილობრივი მოსახლეობის შემოსავალი და დაინტერესება რაიონში სასოფლო-სამეურნეო წარმოების გაზრდით; (დ) უზრუნველყოს CO₂-ის დამატებითი რაოდენობის შთანთქმა ატმოსფეროდან.

პროექტის ღირებულება: პროექტის საპილოტო ფაზის (50 ჰა) შესრულების ღირებულება მისი განხორციელების პირველ წელიწადში შეადგენს 281 700 აშშ დოლარს, საიდანაც 150 000 დოლარი საჭიროა სანერგე მასალის (150 ათასი ძირი) შესაძენად და 125 000 დოლარი – ამავე რაოდენობის ორმოების ამოსადებად.

ხარჯთაღრიცხვის შედგენისას იგულისხმება, რომ ადგილობრივი მმართველობის ორგანოების მიერ პროექტის განსახორციელებლად გამოყოფილი ფართობები უსასყიდლოდ გადაეცემა ამ ფართობების მოსავლელად ნებაყოფლობით საფუძველზე შერჩეულ პირებს, რომლებსაც ნარგავთა მსხმოიარობაში შესვლის შემდეგ უფლება ექნებათ საკუთარი არჩევანის მიხედვით მოახდინონ მიღებული მოსავლის რეალიზაცია.

დედოფლისწყაროს რაიონისთვის, რომელიც შავი ზღვის სანაპირო ზონასთან ერთად, კლიმატის ცვლილების მიმართ მეტად მოწყველად რეგიონს წარმოადგენს, მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში დამუშავდა 5 საპროექტო წინადადება, რომელთაგან მხოლოდ 4 იქნება განხილული.

IX. ქარსაფარი ზოლების რეაბილიტაცია დედოფლისწყაროს რაიონში

პროექტის მიზანი: პროექტის მიზანს შეადგენს ქარსაფარი ზოლების აღდგენის გზით კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შესუსტება დედოფლისწყაროს რაიონზე, რომელიც ზარალს განიცდის გვალვებისა და მიწის დეგრადაციის (ეროზიის) შედეგად. პროექტის ამოცანაა რაიონის ეკონომიკის წამყვანი დარგის - სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობა, რაც უზრუნველყოფს მოსახლეობის ცხოვრების დონის ამაღლებას.

პროექტის მონაწილენი: ადგილობრივი ადმინისტრაცია, შპს „ალაზანი-მ“.

პრობლემის არსი: რაიონის შესახებ ინფორმაციის ანალიზმა ადგილობრივ დაინტერესებულ პირებთან ჩატარებულმა კონსულტაციებმა აჩვენა, რომ ყველაზე მოწვევლად ეკოსისტემას რაიონში წარმოადგენს მიწა, და შესაბამისად, მიწის გამოყენებაზე დამოკიდებული ეკონომიკის დარგი – სოფლის მეურნეობა. დედოფლისწყაროს რაიონი მდიდარია ნაყოფიერი მიწებით, მაგრამ დარბია ატმოსფერული ნალექებით. ზაფხულის მაღალი ტემპერატურისა და ძლიერი ქარების ფონზე ეს იწვევს გვალვების ხშირ განმეორადობას, რაც ხელს უწყობს მიწის ეროზიასა და გაუდაბნოების პროცესების დაწყებას. ამ პროცესებთან საბრძოლველად მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში რაიონში გაშენებულ იქნა ქარსაფარი ზოლების სისტემა, რომლის ფართობი აღწევდა 1 800 ჰა. ამ ზოლების არსებობას სასიცოცხლო მნიშვნელობა ჰქონდა არა მარტო საძოვრებისა და სავარგულების ქარისაგან დასაცავად, არამედ დაცულ ტერიტორიებზე ფაუნის შესანარჩუნებლადაც. 1990-იანი წლების ენერგეტიკული კრიზისის დროს ქარსაფარი ზოლები პრაქტიკულად მთლიანად გაიჩეხა, რამაც გააძლიერა ზემოთ ხსენებული პროცესების უარყოფითი ზემოქმედება რაიონის მიწებზე. მდგომარეობა კიდევ უფრო გამწვავდა კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგად, რომელმაც გამოიწვია ტემპერატურის ზრდა და ძლიერი ქარებისა და გვალვების სიხშირის მატება, აგრეთვე რაიონში სარწყავი სისტემის მოშლის გამო ამჟამად დეგრადირებული მიწების ფართობი დედოფლისწყაროს რაიონში აჭარბებს 25 300 ჰა-ს, საიდანაც 20 000 ჰა ეროზირებულია ქარის მიერ. მიწის დეგრადაცია იწვევს ძირითადი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობისა და მეცხოველეობის პროდუქტიულობის შესამჩნევ დაცემას, რაც განაპირობებს რაიონის მოსახლეობის ცხოვრების დონის დაქვეითებას.

პროექტის ფარგლებში დაგეგმილი სამუშაოები: წინამდებარე საპროექტო წინადადებაში დაგეგმილია შემდეგი სამუშაოების ჩატარება:

- ❖ სარეაბილიტაციო ქარსაფარი ზოლების შერჩევა, რომელთაც შეუძლიათ შესამჩნევი წვლილის შეტანა კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შესუსტებაში;
- ❖ შერჩეული (საპილოტო) ქარსაფარი ზოლების აღდგენა, რომლებიც განადგურდა ენერგეტიკის კრიზისის შედეგად;
- ❖ ადგილობრივი ფერმერების მობილიზაცია პროექტის შესასრულებლად და აღდგენილი ქარსაფარი ზოლების დასაცავად საჭირო შემდგომო დონისძიებების ჩატარება.

პროექტი უნდა შესრულდეს ეტაპობრივად. მის საბოლოო მიზანს წარმოადგენს 906 (60 მ სიგანის) ჰა და 865 (10 მ სიგანის) ჰა ფართობზე

ქარსაფარი ზოლების რეაბილიტაცია იმ ფართობებზე, რომლებიც ადრე დაკავებული იყო ქარსაცავი ზოლების ნარგავებით.

პროექტის ღირებულება: 60 მ სიგანის ზოლების აღდგენის სრული ღირებულება მათი 3-წლიანი მოვლის გათვალისწინებით შეადგენს 12.6 მლნ აშშ დოლარს, ხოლო 10 მ სიგანის ზოლებისა 11.5 მლნ აშშ დოლარს, რაც საბოლოოდ იძლევა პროექტის საერთო ღირებულებას 24,1 მლნ აშშ დოლარი.

ემისიის შთანთქმა: ემისიების შემცირების (აბსორბციის) გამოთვლებმა, რომლებიც ჩატარდა ხის იმავე ჯიშისთვის, რაც ადრე იყო გამოყენებული ზოლების გასაშენებლად (აკაცია), აჩვენა, რომ ნარგავებს 1 ჰა ტერიტორიაზე ყოველწლიურად შეუძლია 278 ტონა CO₂-ის შთანთქმა ატმოსფეროდან.

X. ზილინა-1 სატუმბი სადგურის რეაბილიტაცია

პროექტის მიზანი: პროექტის მიზანს შეადგენს 5 200 ჰა სარწყავი სავარგულების კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყველადობის შემცირება დედოფლისწყაროს რაიონის უკიდურეს აღმოსავლეთ ნაწილში, რომელიც ზარალდება გვალვებისა და გაუდაბნოების გამო. პროექტის ამოცანაა არსებული სარწყავი სისტემის წყლით უზრუნველსაყოფად ერთ-ერთი სატუმბი სადგურის რეაბილიტაცია.

პროექტის მონაწილენი: შპს „ალაზანი-მ“.

პრობლემის არსი: ზილინა-I სარწყავი სისტემა ემსახურებოდა 5221 ჰა სარწყავ ტერიტორიას. წყალი მიეწოდებოდა 21 კმ სიგრძის მქონე საბათლო-სამთაწყაროს მაგისტრალური არხიდან, რომელსაც წყლით უზრუნველყოფდა ზილინა-I და ზილინა-II აწვევის სატუმბი სადგურები.

აღნიშნული სისტემა წყალს აწვდის დაახლოებით 1 000 ჰა ფართობზე გაშენებული სოფლების – საბათლოს, ფიროსმანისა და სამთაწყაროს კუთვნილ ვენახებს. ეს სოფლები განსაკუთრებულ ყურადღებას საჭიროებს, რადგან განლაგებულია საზღვრისწინა რაიონში და მისი მცხოვრებლები არიან 1980-იან წლებში აჭარის მაღალმთიან რაიონებიდან სტიქიური უბედურების შედეგად გადმოსახლებული ეკომიგრანტები. ამ რეგიონში თუ არ იქნება სარწყავი წყალი, არ იქნება ვენახები და თუ არ იქნება ვენახები, მოსახლეობა დატოვებს სოფლებს. ამდენად, ამ სოფლების წყლით მომარაგებას გააჩნია არა მხოლოდ ეკონომიკური, არამედ პოლიტიკური მნიშვნელობაც.

პროექტის ფარგლებში დაგეგმილი საქმიანობა: სარწყავი სისტემის სარეაბილიტაციოდ საჭირო ზილინა-I სატუმბ სადგურზე 3.200/75 მარკის ტუმბოს რემონტი, მილსადენებში სარქველების შეცვლა ახალი სარქველებით, ცალკეული უბნებისა და ურდულების რემონტი, მაგისტრალური არხის გაწმენდა დანალექისაგან და სხვ.

პროექტის ღირებულება: ზემოთ აღნიშნულ სამუშაოთა საერთო ღირებულება შეადგენს 59 000 ლარს, რომლის 30%-ს შეადგენს არხის გაწმენდის ღირებულება.

XI. 6. 900 ჰა ტარიბანას სავარგულების მორწყვა თვითღინებით

პროექტის მიზანი: პროექტის მიზანს შეადგენს დედოფლისწყაროს რაიონში მდებარე ტარიბანას სავარგულების მოწყვლადობის შემცირება კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული რისკების მიმართ. პროექტის ამოცანაა 900 ჰა ფართობზე ტარიბანას სავარგულების გაწყლოვანების უზრუნველყოფა, რაც ხელს შეუწყობს რაიონში წარმოებული ძირითადი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მდგრადი მოსავლის მიღებას და, შესაბამისად, ადგილობრივი მოსახლეობის ცხოვრების პირობების გაუმჯობესებას.

პროექტის მონაწილენი: შპს „ალაზანი-მ“.

პრობლემის არსი: ტარიბანას სარწყავი სისტემა, რომელიც წყალს იღებდა მდ. ალაზნიდან, ემსახურებოდა კუშისხევისა და კრანჭისხევის წყალსაცავების შევსებას. ამჟამად ტარიბანას სატუმბი სადგური გამოსულია მწყობრიდან. ექსპერტების აზრით ამ სატუმბი სადგურის რეაბილიტაცია მოცემულ ეტაპზე მიზანშეწონილი არ არის, რადგან სიმაღლეთა სხვაობა აღემატება 100 მეტრს, რის გამოც სისტემის მიერ ელექტროენერჯის მოხმარება ეკონომიკურად გაუმართლებელია. ზემოთ აღნიშნული ორივე წყალსაცავი ნაწილობრივ ივსება ატმოსფერული ნალექების ჩამონადენით და პატარა ხევით, რაც საშუალებას იძლევა წყალსაცავიდან თვითღინებით მოირწყას ტარიბანას სავარგულების ნაწილი.

ორივე წყალსაცავის წყალშემკრები აუზის ფართობია 90 კმ², საიდანაც საშუალო წლიური ჩამონადენი შეადგენს 1.2 მლნ მ³. სარეაბილიტაციო სამუშაოების ჩატარების შემდეგ შესაძლებელი იქნება წყალსაცავებში ატმოსფერული ნალექებიდან და ხევიდან მიღებული ჩამონადენის რეგულირებით ირიგაციისთვის გამოყენებული იქნას 1.0 მლნ მ³ წყალი. იმის გათვალისწინებით, რომ წყალსატარი ნაგებობის მქკ შეიძლება მიხნეულ იქნას 80%-ის ტოლად და ბუნებრივი დანაკარგები შეიძლება შეფასდეს 10 %-ის ტოლად, ამ რესურსით ხელმისაწვდომი იქნება $1\ 000\ 000 \times 0.9 \times 0.8 = 720\ 000$ მ³ სარწყავი წყლის მიღება. წყლის ამ რაოდენობით და 1 ჰა-ზე 800 მ³ რწყვის პირობებში შესაძლებელი იქნება 900 ჰა სავარგულების ერთჯერადი მორწყვა. ამრიგად, ეს ღონისძიება საშუალებას იძლევა მარცვლოვანი კულტურების (ხორბალი, სიმინდი, მზესუმზირა) მოსაყვანად ათვისებული იქნას დღემდე გამოყენებული სავარგულები.

პროექტის ფარგლებში შესასრულებელი სამუშაოები: ტარიბანას სარწყავი სისტემის სარეაბილიტაციო სამუშაოები ითვალისწინებს კუშისხევის წყალსაცავიდან გამოშვებული სადაწნევო მილსადენის და სხვა მილსადენების რემონტს, აგრეთვე ურდულების რემონტს და შეცვლას ახალი ურდულებით.

პროექტის ღირებულება: ამ სამუშაოთა ჩატარების გათვალისწინებით პროექტის ღირებულება შეადგენს 73 000 ლარს.

XII. დედოფლისწყაროს რაიონის აგროსამრეწველო კომპლექსის რეაბილიტაცია მზის მძლავრი ელექტროსადგურების ბაზაზე საირიგაციო სისტემის აღდგენით

პროექტის მიზანი: პროექტი ხელს შეუწყობს კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგად გაუდაბნოების საფრთხის წინაშე მდგარი დედოფლისწყაროს აგროსამრეწველო კომპლექსის რეაბილიტაციასა და გაძლიერებას ამჟამად მოშლილი საირიგაციო სისტემის აღდგენის გზით. ამ სისტემის წყლით უზრუნველყოფა განხორციელდება არსებულ არხებსა და წყალსაცავებში მდ. ალაზნიდან და დალის წყალსაცავიდან (მდ. იორი) წყლის ამოტუმბვით. ამისთვის საჭირო ელექტროენერჯიას გამოიმუშავენ სატუმბ სადგურებთან ახლოს ასაგები მძლავრი ჰიდროენერგეტიკული დანადგარები. მზის ელექტროსადგურები მაქსიმალური ეფექტურობით მუშაობს ზაფხულის ხანგრძლივ დღეებში, და განსაკუთრებით უღრუბლო ცის/გვაღვის პირობებში, როდესაც სარწყავ წყალზე მოთხოვნა მაქსიმალურია.

პრობლემის არსი: ბოლო 20 წლის მანძილზე ბუნებრივი და ანთროპოგენული ზეწოლის შედეგად რაიონის აგროსამრეწველო კომპლექსი 1980-იან წლებთან შედარებით საგრძნობლად დაკნინდა, რის გამოსწორების ძირითად გზას წარმოადგენს რაიონის საირიგაციო სისტემის აღდგენა. ეს სისტემა 1980-იან წლებში სარწყავი წყლით უზრუნველყოფდა 16 ათას ჰა-ზე მეტ ტერიტორიას და 1700 ჰა-ზე გაშენებულ ქარსაფარ ზოლებთან ერთად განაპირობებდა რაიონში სოფლის მეურნეობის საკმაოდ ეფექტურ ფუნქციონირებას. სისტემა წყლით მარაგდებოდა მდ. ალაზანსა და იორზე მოქმედი მძლავრი სატუმბი სადგურებით, რომლებიც დიდი რაოდენობით მოიხმარდნენ ელექტროენერჯიას ერთიანი საკავშირო ენერგოსისტემიდან.

მოცემული საპროექტო წინადადება წარმოადგენს ზემოთ ხსენებული ამოცანის პრაქტიკული განხორციელების დასაბუთებას, კერძოდ, მოხდება დედოფლისწყაროს აგროსამრეწველო კომპლექსის რეაბილიტაცია მზის მძლავრი ელექტროსადგურების ბაზაზე საირიგაციო სისტემების აღდგენით, რაც ქვეყნის პრიორიტეტების დონეზე ხელს შეუწყობს საქართველოს სასურსათო უსაფრთხოების უზრუნველყოფას, ხოლო ადგილობრივი პრიორიტეტების დონეზე – მიწის დეგრადაციისა და გაუდაბნოების პროცესების შეჩერებას, მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესებას და ტურისტული ინფრასტრუქტურის განვითარებას. ამასთან ერთად, პროექტის საპილოტო ფაზის განხორციელება სტიმულს მისცემს სამხრეთ კავკასიის რეგიონში მზის ენერჯიის მასშტაბურ გამოყენებას.

პროექტის ფარგლებში დაგეგმილი საქმიანობა: შემოთავაზებული საპროექტო წინადადების ფარგლებში ჩასატარებელი სამუშაოები უნდა შედგებოდეს სამი ეტაპისაგან. პროექტის შესრულების საპილოტო ფაზა გულისხმობს რაიონის ჩრდილო ნაწილში არსებული საირიგაციო სისტემის (ზილიჩა I და II სატუმბი სადგურები, საბათლო-სამთაწყაროს მაგისტრალური არხის ბაზაზე 5220 ჰა ფართობზე სარწყავი არხების ქსელი) რეაბილიტაციას და 1980-იან წლებში მოქმედი სატუმბი სადგურების პარამეტრების გათვალისწინებით 20 მგვტ სიმძლავრის მზის ელექტროსადგურის აგებას განახლებული სატუმბი სადგურების ასამოქმედებლად. პროექტის მეორე და მესამე ეტაპებზე უნდა განხორციელდეს სარწყავი ფართობების გაზრდა 15 ათას ჰა-მდე რაიონის ჩრდილო და ცენტრალურ ნაწილებში და 5 ათას ჰა-მდე

რაიონის სამხრეთ ნაწილში, რისთვისაც საჭირო იქნება ჯამში 60 მგვტ. სათანადო სიმძლავრის კიდევ ორი სოლართერმული სადგურის დამონტაჟება.

მზის ნათების ხანგრძლივობა დედოფლისწყაროს რაიონში ერთ-ერთი უდიდესია საქართველოში და აღემატება 2200 საათს წელიწადში. ამიტომ 20 მგვტ სიმძლავრის მზის ელექტროსადგურს აქ პოტენციურად შეუძლია 44 მლნ კვტ.სთ ელექტროენერჯის გამომუშავება.

პროექტის ღირებულება: მზის თერმული ელექტროსადგურის ღირებულებასთან ერთად პროექტის 1 ეტაპის ბიუჯეტი უნდა ითვალისწინებდეს მდ.აღლაზანზე სატუმბი სადგურის “ზილიჩა 1” და მეორე რიგის სადგურის “ზილიჩა 2” რეაბილიტაციას, სარწყავი სისტემის აღდგენას, მზის თერმული და სატუმბი სადგურების დამაკავშირებელ ელექტრო კომუნიკაციების გაყვანას, სადგურების საოპერაციო მომსახურებას და სხვ. ამ ხარჯების გათვალისწინებით პროექტის 1 ეტაპის ღირებულება საორიენტაციოდ შეადგენს 80 მლნ ევროს.

პროექტის ემისიები: იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოს ენერჯოსისტემაში თითოეული კვტ.სთ ელექტროენერჯის გამომუშავებას თან სდევს უშუალოდ 2 კგ CO₂ ექვ სათბურის გაზების ემისია ატმოსფეროში, პროექტის პირველი ეტაპის ამოქმედების შემდეგ ყოველწლიურად 44 მლნ კვტ.სთ ეკოლოგიურად სუფთა ელექტროენერჯის გამომუშავებას შეესაბამება 88 ათასი ტონა CO₂ ექვ სათბურის გაზების ემისიის შემცირება, ხოლო პროექტის სრული მოცულობით განხორციელების შემთხვევაში (ელექტროენერჯის გამომუშავება 176 მლნ კვტ.სთ) შესაძლებელი გახდება ყოველწლიურად დაახლოებით 350 ათასი ტონა CO₂ ექვ ემისიის შემცირება.